

新疆 12 种常见蝗虫雄性外生殖器的比较 及主成分分析

白 静 任金龙* 赵 莉* 牙森·沙力

(新疆农业大学农学院, 新疆农林有害生物监测与安全防护自治区重点实验室, 乌鲁木齐 830052)

摘要: 为准确鉴定新疆草原的常见蝗虫, 本研究基于雄性外生殖器原色图片对新疆草原的 4 科 10 属 12 种常见蝗虫的雄性外生殖器结构特征进行详细描述, 并总结属级和科级分类阶元的雄性外生殖器特征, 并对选取的 9 个雄性外生殖器指标进行主成分分析。结果显示, 斑翅蝗科雄性外生殖器的阳茎基瓣呈宽圆形, 而网翅蝗科雄性外生殖器的阳茎基瓣呈花瓣状。9 个雄性外生殖器指标主成分分析结果表明, 特征值都在 1.00 以上的有 2 个主成分, 即第一主成分和第二主成分, 两者的总贡献率为 88.10%; 第一主成分的主要组分为后突间距、桥宽和锚状突的相对位置; 而第二主成分的主要组分为阳具基背片长宽比。区分 12 种蝗虫雄性外生殖器的主要特征为后突间距、桥宽、锚状突的相对位置和阳具复合体的大小。

关键词: 斑翅蝗科; 分类; 网翅蝗科; 阳具复合体; 阳具基背片

Comparison and principal component analysis of male genitalia of 12 common species of grasshoppers in Xinjiang

Bai Jing Ren Jinlong* Zhao Li* Yasen·Shali

(Key Laboratory of Pest Monitoring and Safety Control on Crops and Forest, College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China)

Abstract: To accurately identify the dominant locusts in Xinjiang grasslands, we described in detailed structural characteristics of male genitalia of 12 common locusts in four families, ten genera and 12 species. The study summarized genital characteristics in genus and family levels, and analyzed the nine male external genitalia indicators with principal component analysis (PCA). The results showed that the basal valves of male penis of Oedipodidae were wide and round, while those of Arcypteridae were petal-shaped. The PCA results of nine male external genitalia indicators showed that there were two principal components (the first and the second principal components) whose characteristic values were above 1.00, and their total contribution rate was 88.10%. The main components of first principal component were the distance between the posterior projections, the bridge width and the relative position of the ancorae; the main component of the second principal component was the length/width ratio of the phallic complex. The main features that distinguish the male genitalia of 12 species grasshoppers were the distance between the posterior projections, the width of the bridge, the relative position of the ancorae, and the size of the phallic complex.

Key words: Oedipodidae; classification; Arcypteridae; phallic complex; epiphallus

雄性外生殖器是昆虫分类中最为重要的性状之一,因其性状相对稳定而且特异(欧晓红,2000;任金龙等,2013),常用于区分近似种(陈阿兰,2004;娄延霞等,2013;杨国辉和毛本勇,2003)。我国学者已对3科13属31种蝗虫的雄性外生殖器进行研究,包括斑腿蝗科Catantopidae的棉蝗属*Chondracris*(吴刚等,2002)、凹背蝗属*Pseudopterygionotus*、拟裸蝗属*Conophymacris*(杨国辉和毛本勇,2003)、卵翅蝗属*Caryanda*(杨国辉和毛本勇,2004)、腹露蝗属*Fruhstorferiola*(冯丽霞等,2004)和星翅蝗属*Calliptamus*(任金龙等,2013)、网翅蝗科Arcypteridae的雏蝗属*Chorthippus*和竹蝗属*Ceracris*(陈阿兰和谭大风,2004;张丽丽,2009)、斑翅蝗科Oedipodidae的皱膝蝗属*Angaracris*(陈阿兰,2004)、小车蝗属*Oedaleus*、痼蝗属*Bryodema*、异痼蝗属*Bryodemella*(陈阿兰和谭大风,2004)和飞蝗属*Locusta*(娄延霞等,2013)等;其中仅意大利蝗*Calliptamus italicus*和黑腿星翅蝗*Calliptamus barbarus*为新疆维吾尔自治区(简称新疆)草原分布的蝗虫种类(任金龙等,2013)。雄性外生殖器特征是蝗虫种类准确鉴定的重要保障,但目前关于新疆草原常见蝗虫绝大部分种类外生殖器特征报道甚少。同时,蝗虫种类准确鉴定也是草原蝗虫基层监控的难点之一(于红妍和石旺鹏,2020;赵紫华等,2020),这反映在蝗虫鉴定资料大多缺乏蝗虫原色图片。

主成分分析是考察多变量间相关性的一种多元统计方法,即研究少数几个主成分来揭示多变量间的内部结构(余建英和何旭宏,2003)。雄性外生殖器由阳具基背片和阳具复合体构成,而目前基于主成分分析研究蝗虫雄性外生殖器特征较少,仅张丽丽(2009)研究了青脊竹蝗*Ceracris nigricornis*和大青脊竹蝗*C. nigricornis laeta*的阳具基背片,目前仍难以评估蝗虫雄性外生殖器的种间差异。因此本研究基于蝗虫雄性外生殖器的原色图片,对新疆草原12种常见蝗类的外生殖器形态特征进行比较研究,同时选取阳具复合体等9个指标进行主成分分析,以明确蝗虫雄性外生殖器在科级和属级分类阶元的差异,并利用主成分分析探讨蝗虫雄性外生殖器9个指标的种间差异,以期新疆常见蝗虫的准确鉴定和综合防治提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源:伪星翅蝗*Calliptamus coelesyriensis*、

黑条小车蝗指名亚种*Oedaleus decorus decorus*、瘤背束颈蝗*Sphingonotus salinus*、石砾束颈蝗*Sphingonotus maculatus petraeus*、朱腿痼蝗指名亚种*Bryodema gebleri gebleri*、蒙古痼蝗*Bryodema gebleri mongolicum*、亚洲飞蝗*Locusta migratoria migratoria*、蓝斑翅蝗*Oedipoda caerulea*、肿脉蝗指名亚种*Stauroderus scalaris scalaris*、红胫戟纹蝗*Dociostaurus kraussi*、小米纹蝗指名亚种*Notostaurus albicornis albicornis*和西伯利亚蝗指名亚种*Gomphocerus sibiricus sibiricus*共12种供试蝗虫于2013—2014年间采自新疆玛纳斯南山和阿勒泰可可苏湿地,均浸泡在75%的乙醇溶液备用。

试剂及仪器:本研究所用试剂均为国产分析纯。Motic 2006数码体视显微镜, Motic Images Advanced 3.2数字成像系统,麦克奥迪实业集团有限公司。

1.2 方法

1.2.1 雄性外生殖器的解剖和拍照

将不同种类的蝗虫从75%乙醇溶液中取出后,利用解剖针将其阳具基背片和阳具复合体分离;之后将阳具复合体置于装有2% KOH溶液的小试管中,置于沸水中加热30~60 s,待附着的肌肉溶解后,用清水冲洗3次;若阳具基背片仍有附着肌肉则重复以上方法直至肌肉完全消融。将阳具基背片和阳具复合体置于体视显微镜下拍照,利用 Motic Images Advanced 3.2数字成像系统对其拍照,每种蝗虫解剖并测定40头雄虫。

1.2.2 指标的选取和测量

待完成阳具基背片和阳具复合体的拍照后,参照张丽丽(2009)方法利用 Motic Images Advanced 3.2数字成像系统测量两锚状突间距、锚状突内侧间、桥宽、锚状突外侧间距、锚状突高、冠突内侧间距、后突外侧间距、阳具基背片长宽比和阳具复合体长宽比共9个指标。

1.2.3 主成分分析

首先计算蝗虫雄性外生殖器的两锚状突间距、锚状突内侧间、桥宽、锚状突外侧间距、锚状突高、冠突内侧间距、后突外侧间距、阳具基背片长宽比和阳具复合体长宽比这9个指标的平均值,然后对这9个指标进行主成分分析适合度检验:1) Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) 检验, KMO 检验系数大于0.6认为数据结构合理,适合因子分析;2) Bartlett's 检验所得P值小于0.001时则拒绝零假设,即认为适合主成分分析(余建英和何旭宏,2003)。利用SPSS 22.0软件对

9个指标的平均值进行主成分分析,参照特征值大于1.00的标准提取主成分,并查看其贡献率。之后总结主成分中正相关指标的属性。

2 结果与分析

2.1 蝗虫雄性外生殖器形态描述

2.1.1 伪星翅蝗

伪星翅蝗阳具复合体体长为体宽的1.56倍;阳茎基瓣2片,宽圆形。色带连片U形。色带基支和色带瓣平缓。阳茎端瓣片且背弯。阳具基背片盾状;锚状突尖锐,其外侧间距和高分别为2.29 mm和0.58 mm;侧板边缘内凹,后突边内凹;冠突指状突出,冠突内侧间距为0.62 mm。

2.1.2 黑条小车蝗

黑条小车蝗阳具复合体体长为体宽的1.57倍;阳茎端瓣片背弯;色带连片呈U形,超过阳茎基瓣4/5,色带基和色带瓣平缓;阳茎基瓣2片,宽圆形。阳具基背片桥状,锚状突尖锐,锚状突外侧间距和高分别为1.34 mm和0.35 mm;侧板外缘内凹;后突内凹,外侧间距为1.48 mm,内冠突三角形,冠突密布刻点。

2.1.3 瘤背束颈蝗

瘤背束颈蝗阳具复合体体长为体宽的1.50倍;阳茎端瓣钩状、背弯;色带连片呈U形,色带基支呈指状,色带瓣平缓;阳茎基瓣2片,宽圆形。阳具基背片桥状、微凹,桥长为0.94 mm,锚状突尖锐且弯,锚状突外侧间距和高分别为0.91 mm和0.42 mm,前突呈角状,侧板和后突外缘内凹,后突外侧间距为1.54 mm,冠突棒状,冠突内侧间距为0.30 mm,冠突内侧密布刻点。

2.1.4 石砾束颈蝗

石砾束颈蝗阳具复合体体长为体宽的1.59倍;阳茎端瓣片状、背弯;阳茎基瓣2片,宽圆形;色带连片U形,超过阳茎基瓣的5/6;色带瓣锥形凸起。阳具基背片桥状,桥长为0.52 mm,锚状突尖锐,近直角;锚状突外侧间距和高分别为0.75 mm和0.30 mm,前突呈角状,侧板外缘内凹,后突边缘外凸,后突外侧间距为1.18 mm,内冠突呈肾状,冠突内侧间距为0.14 mm,外冠突呈棒状,内冠突密布刻点。

2.1.5 朱腿痼蝗

朱腿痼蝗阳具复合体体长为体宽的1.21倍;阳茎端瓣钩状、背弯;色带连片呈U形,超过阳茎基瓣的1/2处;色带基支椭圆形,色带瓣平缓;阳茎基瓣2片,宽圆形。阳具基背片桥状,桥长为1.17 mm,锚

状突尖锐、牛角状,锚状突外侧间距和高分别为1.67 mm和0.56 mm,前突呈角状,侧板外缘和后突边缘内凹,后突外侧间距为2.47 mm;冠突呈棒状,冠突内侧间距为0.44 mm,冠突内侧密布刻点。

2.1.6 蒙古痼蝗

蒙古痼蝗阳具复合体体长为体宽的1.43倍;阳茎端瓣钩状;色带连片呈U形,超过阳茎基瓣的3/4处,色带基支两侧具椭圆形凸起;色带瓣平缓;背弯阳茎基瓣2片,宽圆形。阳具基背片桥状,桥长为1.34 mm,锚状突尖锐、牛角状,锚状突外侧间距和高分别为1.34 mm和0.67 mm,前突凸起、呈角状;侧板外缘内凹,侧板中央具2个椭圆形凹缺。后突边缘内凹,后突外侧间距为2.51 mm,冠突呈棒状,冠突内侧间距为0.36 mm,冠突内侧密布刻点。

2.1.7 亚洲飞蝗

亚洲飞蝗阳具复合体体长为体宽的1.80倍;阳茎端瓣钩状、背弯;色带连片呈U形,超过阳茎基瓣的1/2处;色带基支中间凸起,色带瓣平缓;阳茎基瓣2片,宽圆形。阳具基背片桥状,桥长为3.69 mm;锚状突尖锐、近直角,锚状突外侧间距和高分别为4.65 mm和1.96 mm;前突强凸起,侧板外缘内凹;后突边缘突起,后突外侧间距为6.76 mm,冠突心形,冠突内侧间距为0.76 mm,冠突密布刻点。

2.1.8 蓝斑翅蝗

蓝斑翅蝗阳具复合体体长为体宽的1.48倍;阳茎端瓣片状、背弯;色带连片呈U形,超过阳茎基瓣4/5;色带基支椭圆形突起,色带瓣平缓;阳茎基瓣2片,宽圆形。阳具基背片呈桥状,桥宽为0.69 mm;锚状突尖锐,锚状突外侧间距和高分别为1.03 mm和0.26 mm;侧板外侧凹陷,后突外侧间距为1.2 mm;冠突呈棒状,冠突内侧间距为0.24 mm,冠突两端密布刻点。

2.1.9 肿脉蝗

肿脉蝗阳具复合体体长为体宽的1.29倍;阳茎端瓣钩状、背弯;色带连片U形,超过阳茎基瓣的3/5;色带瓣平缓;阳茎基瓣2片,花瓣状。阳具基背片桥状,桥长为0.46 mm;锚状突尖锐,锚状突外侧间距和高分别为1.05 mm和0.47 mm;前突强凸起,侧板外缘内凹;后突边缘突起,后突外侧间距为1.62 mm;冠突分为内、外冠突,内冠突呈肾形,外冠突呈椭圆形。冠突内侧间距为0.18 mm,后冠突具暗色凸起,前冠突密布刻点。

2.1.10 红胫戟纹蝗

红胫戟纹蝗阳具复合体体长为体宽的1.38倍;

阳茎端瓣片状、背弯;色达基支平缓;色带瓣平缓;阳茎基瓣花瓣状,色带连片呈U形,超过阳茎基瓣3/4。阳具基背片桥状,桥宽为0.44 mm;锚状突棒状、近直角,锚状突外侧间距和高分别为0.60 mm和0.24 mm;前突强凸起,侧板外缘内凹,后突凸起,后突外侧间距为0.86 mm;内冠突球状、密布刻点;外冠突呈棒状。

2.1.11 小米纹蝗

小米纹蝗阳具复合体体长为体宽的1.56倍;阳茎端瓣钩状、背弯;色带连片呈U形,超过阳茎基瓣3/5;色带瓣平缓;阳茎基瓣2片,花瓣状,具条状纹饰。阳具基背片呈桥状,桥宽为0.65 mm;锚状突棒状,锚状突外侧间距和高分别为0.70 mm和0.28 mm;侧板外侧凹陷,后突侧凸起,后突外侧间距为0.88 mm;内冠突球状,密布刻点;外冠突呈棒状。

2.1.12 西伯利亚蝗

西伯利亚蝗阳具复合体体长为体宽的1.57倍;阳茎端瓣钩状、背弯;色带基支凸起,色带瓣平缓,色带连片呈U形,超过阳茎基瓣2/3;阳茎基瓣2片,花瓣状。阳具基背片桥状,桥宽为0.72 mm;锚状突尖锐、牛角状,锚状突外侧间距和高分别为1.00 mm和0.29 mm;前突凸起,侧板外缘内凹,后突边缘凸出,后突外侧间距为1.12 mm;冠突分内、外冠突,内冠突呈肾形,顶端膨大具刻点;外冠突呈椭圆形、暗色。

2.2 蝗性雄性外生殖器形态比较

12种蝗虫雄性外生殖器形态特征比较如表1所示。束颈蝗属的主要特征:阳具基背片的锚状突尖锐、弯曲,冠突棒状中部弯曲,侧板和后突外缘均内凹,阳茎基瓣呈宽圆形,色带基支指状突起,色带瓣平缓。斑翅蝗属的主要特征:阳具基背片冠突呈棒状,两端密布刻点,阳茎基瓣为宽圆形,色带连片超过阳茎基瓣4/5。戟纹蝗属的主要特征:阳具基背片的锚状突呈棒状,冠突分为两叶,内冠突呈球状,密布刻点,外冠突呈棒状;阳具复合体的阳茎基瓣为花瓣状,色带连片超过阳茎基瓣3/4。米纹蝗属的主要特征:阳具基背片的锚状突呈棒状,冠突分为两叶,内冠突呈球状,密布刻点,外冠突呈棒状;阳具复合体的阳茎基瓣呈花瓣状,色带连片超过阳茎基瓣2/3。肿脉蝗属的主要特征:阳具基背片的冠突分为2叶,内冠突呈肾形,顶端密布刻点,外突呈圆形,其上附有一黑色凸起;阳具复合体的阳茎基瓣为宽圆形,色带连片超过阳茎基瓣3/5。大足蝗属的主要特征:阳具基

本片冠突为2叶,内叶肾状,顶端膨大密布刻点,外叶呈椭圆状,强骨化;阳茎基瓣呈花瓣状,色带连片超过阳茎基瓣2/3;阳茎端瓣钩状。

斑翅蝗科雄性外生殖器的共有特征为阳具基背片桥状,锚状突尖锐,阳茎基瓣呈宽圆形。网翅蝗科雄性外生殖器的共有特征为阳具基背片桥状,侧板外缘内凹,阳茎基瓣呈花瓣状(表1)。

2.3 雄性外生殖器指标主成分分析

依据12种蝗虫雄性外生殖器9个指标主成分分析,结果显示,KMO检验系数为0.74(>0.60),Bartlett's检验所得 P 值为0($P<0.001$),表明数据结构合理,适合主成分分析。选取了特征值都在1.00以上的2个主成分,即第一主成分和第二主成分,其贡献率分别为73.46%和14.64%,两者的总贡献率为88.10%,说明2个主成分能够代表蝗虫雄性外生殖器形状88.10%的信息,可将所测的9个指标综合为2个主成分(表2)。第一主成分的主要组分包括后突外侧间距、两锚状间距、桥宽、锚状突高、锚状突外侧间距和锚状突内侧间距,所对应的特征值分别为0.986、0.982、0.978、0.976、0.975和0.974(表2),这些主要组分整体可概括为后突间距、桥宽和锚状突的相对位置;而第二主成分的主要组分为阳具基背片长宽比,特征值为0.922,即第二主成分可以概括为阳具基背片长宽比。

3 讨论

本研究详细描述了新疆草原的4科10属12种蝗虫的雄性外生殖器,其中补充了6个属级分类阶元的雄性外生殖器,包括束颈蝗属、斑翅蝗属、戟纹蝗属、米纹蝗属、肿脉蝗属和大足蝗属。本研究发现阳具基背片冠突和阳具复合体色带瓣具有较为明显的属间差异。据陈阿兰和谭大风(2004)研究结果表明,斑翅蝗科的6种蝗虫雄性外生殖器的共同特征是阳具基背片都呈桥形,其侧板形态、锚状突的长短变化不大;阳具复合体的色带瓣端部具有1个U形或V形的缺刻,阳茎基瓣分为2片,卵圆形,色带连片在形态上相似。本研究结果表明,斑翅蝗科雄性外生殖器的共有特征为阳具基背片呈桥状,锚状突尖锐,侧板外缘内凹,色带连片呈U形,阳茎基瓣2片,宽圆形,色带瓣平缓。以上研究表明斑翅蝗科雄性外生殖器的共同特征是阳具基背片为桥形;阳具复合体的阳茎基瓣分为2片,卵圆形或宽圆形;但其中桥形的阳具基背片在网翅蝗科、槌角蝗科和斑腿蝗科均较为常见。

表 1 12 种蝗虫雄性外生殖器形态特征比较

Table 1 Comparison on male external genitalia of 12 species of grasshoppers

科名 Family	属名 Genus	种名 Species	阳具基 背片 Epiph- allus	侧板 锚状突 Ancora	侧板 Lateral plate	后突 PP	冠突 Lophi	阳茎 基瓣 Basal valves of penis	色带 连片 Zygoma	色带基支 Rami of cingulum	色带瓣 Valves of cin- gulum	阳茎 端瓣 AVP
斑腿蝗科 Catantopi- dae	星翅蝗属 <i>Callipta-</i> <i>mus</i>	伪星翅蝗 <i>C. coele-</i> <i>syriensis</i>	盾状 Shield- shaped	尖锐 Sharp	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	冠突指状突出, 密布刻点 Finger-shaped, covered densely with punctations	花瓣状 Petal- shaped	达阳茎 基瓣顶 部 Reached apice of AVP	平缓 Smooth	平缓 Smooth	片状 Flake
斑翅蝗科 Oedipodi- dae	小车蝗属 <i>Oedaleus</i>	黑条小车蝗 指名亚种 <i>Oe. decorus</i> <i>decorus</i>	桥状 Bridge- shaped	尖锐, 牛角状 Sharp, horn- shaped	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	内冠突呈三角 形,外冠突呈肾 形密布刻点 Inner lophi triangle; outer lophi reniform, covered densely with punctations	宽圆形 Wide round	超过阳 茎基瓣 4/5 Reached 4/5 of AVP	平缓 Smooth	平缓 Smooth	片状 Flake
	束颈蝗属 <i>Sphingo-</i> <i>notus</i>	瘤背束颈蝗 <i>Sp. salinus</i>	桥状 Bridge- shaped	尖锐, 弯曲 Sharp, bending	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	冠突呈棒状,内 侧密布刻点 Lophi stick-sh- aped, covered densely with punctations at inner side	宽圆形 Wide round	达阳茎 基瓣顶 部 Reached apice of AVP	指状凸起 Finger- shaped	平缓 Smooth	钩状 Hook
		石砾束颈蝗 <i>Sp. macula-</i> <i>tus petraeus</i>	桥状 Bridge- shaped	尖锐, 弯曲 Sharp, bending	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	内冠突呈棒状, 密布刻点,外冠 突呈肾形 Lophi stick-sh- aped, covered densely with punctations at inner side	宽圆形 Wide round	超过阳 茎基瓣 5/6 Reached 5/6 of AVP	指状凸起 Finger- shaped	平缓 Smooth	片状 Flake
	痲蝗属 <i>Bryodema</i>	朱腿痲蝗指 名亚种 <i>Br. gebleri</i> <i>gebleri</i>	桥状 Bridge- shaped	尖锐, 牛角状 Sharp, horn- shaped	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	冠突呈棒状,内 侧密布刻点 Lophi stick-sh- aped, covered densely with punctations at inner side	宽圆形 Wide round	超过阳 茎基瓣 1/2 Reached 1/2 of AVP	椭圆形 凸起 Oval	平缓 Smooth	钩状 Hook
		蒙古痲蝗 <i>Br. gebleri</i> <i>mongolicum</i>	桥状 Bridge- shaped	尖锐,牛 角状 Sharp, horn- shaped	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	冠突呈棒状,内 侧密布刻点 Lophi stick-sh- aped, covered densely with punctations at inner side	宽圆形 Wide round	超过阳 茎基瓣 3/4 Reached 3/4 of AVP	椭圆形 凸起 Oval	平缓 Smooth	钩状 Hook

续表 1 Continued

科名 Family	属名 Genus	种名 Species	阳具基 背片 Epiph- allus	锚状突 Ancora	侧板 Lateral plate	后突 PP	冠突 Lophi	阳茎 基瓣 Basal valves of penis	色带 连片 Zygoma	色带基支 Rami of cingulum	色带瓣 Valves of cin- gulum	阳茎 端瓣 AVP
	飞蝗属 <i>Locusta</i>	亚洲飞蝗 <i>L. migrato- ria migrato- ria</i>	桥状 Bridge-	尖锐 Sharp	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘突起 Outer margin protruding	冠突心形,冠突 内侧密布刻点 Lophi heart-sh- aped, covered densely with punctations at inner side	宽圆形 Wide round	超过阳 茎基瓣 1/2 Reached 1/2 of AVP	中间凸起 Median projection	平缓 Smooth	钩状 Hook
	斑翅蝗属 <i>Oedipoda</i>	蓝斑翅蝗 <i>O. caerule- scens</i>	桥状 Bridge-	尖锐 Sharp	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘内凹 Outer margin protruding	冠突呈棒状, 两端密布刻点 Lophi stick-sh- aped, covered densely with punctations at inner side	宽圆形 Wide round	超过阳 茎基瓣 4/5 Reached 4/5 of AVP	椭圆形 凸起 Oval projection	平缓 Smooth	片状 Flake
	肿脉蝗属 <i>Staurode- rus</i>	肿脉蝗指名 亚种 <i>St. scalaris scalaris</i>	桥状 Bridge-	尖锐 Sharp	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘凸起 Outer margin protruding	内冠突呈肾形, 顶端密布刻点, 外突呈圆形,其 上附有一黑色 凸起 Inner lophi reni- form, covered densely with punctations at apex; outer lophi wide roud covered with a black projection	宽圆形 Wide round	超过阳 茎基瓣 3/5 Reached 3/5 of AVP	平缓 Smooth	平缓 Smooth	钩状 Hook
网翅蝗科 Arcypteri- dae	戟纹蝗属 <i>Docios- taurus</i>	红胫戟纹蝗 <i>Do. kraussi</i>	桥状 Bridge-	棒状 Sharp	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘凸起 Outer margin protruding	内冠突呈球状,花瓣状 密布刻点,外冠 突呈棒状 Inner lophi reni- form, covered densely with punctations at apex; outer lo- phi stick-shaped	花瓣状 Wide round	超过阳 茎基瓣 3/4 Reached 3/4 of AVP	平缓 Smooth	平缓 Smooth	片状 Flake
	米纹蝗属 <i>Notostau- rus</i>	小米纹蝗指 名亚种 <i>No. albicor- nis albicor- nis</i>	桥状 Bridge-	棒状 Sharp	外缘内凹 Outer margin indented at ventral	外缘凸起 Outer margin protruding	内冠突呈球状,花瓣状 密布刻点,外冠 突呈棒状 Inner lophi reni- form, covered densely with punctations at apex; outer lo- phi stick-shaped	花瓣状 Wide round	超过阳 茎基瓣 2/3 Reached 2/3 of AVP	平缓 Smooth	锥状 Smooth	钩状 Hook

续表 1 Continued

科名	属名	种名	阳具基 背片	锚状突	侧板	后突	冠突	阳茎 基瓣	色带	色带基支	色带瓣	阳茎
Family	Genus	Species	Epiphallus	Ancora	Lateral plate	PP	Lophi	Basal valves of penis	连片	Rami of cingulum	Valves of cingulum	端瓣 AVP
槌角蝗科	大足蝗属	西伯利亚蝗	桥状	尖锐	外缘内凹	外缘凸起	内冠突呈肾状, 顶端膨大密布刻点, 外冠突呈椭圆状, 颜色较深	花瓣状	超过阳茎基瓣	两边凸起	平缓	钩状
Gomphoceridae	<i>Gomphocerus</i>	指名亚种 <i>Go. sibiricus sibiricus</i>	Bridge-shaped	Sharp	Outer margin indented at ventral	Outer margin protruding	Inner lophi reniform, protruding and covered densely with punctations at apex; outer lophi oval, darker	Petal-shaped	2/3 Reached 2/3 of AVP	at sides	Smooth	Hook

PP: Posterior projection; AVP: apical valves of penis.

表 2 蝗虫雄性外生殖器主成分分析相关系数矩阵的特征值

Table 2 Correlation coefficients of PCA results on male external genitalia of grasshoppers

指标	第一主成分	第二主成分
Indicator	The 1st principal component	The 2nd principal component
两锚状间距 Outer distance of apical ancorae	0.982	0.019
锚状突内侧间距 Inner distance of basal ancorae	0.974	0.020
桥宽 Width of bridge	0.978	0.067
锚状突外侧间距 Outer distance of basal ancora	0.975	0.033
锚状突高 Height of ancora	0.976	0.065
冠突内侧间距 Inner distance of lophi	0.744	0.172
后突外侧间距 Outer distance of posterior projection	0.986	0.124
阳具基背片长宽比 Epiphallus length/width	-0.104	0.922
阳具复合体长宽比 Phallic complex length/width	0.550	-0.641
特征值 Eigenvalue	6.611	1.318
单一贡献率 Individual cumulative	73.46%	14.64%

本研究发现伪星翅蝗阳具基背片形状为盾状, 与同属的意大利蝗和黑腿星翅蝗的盾形阳具基背片一致(任金龙等, 2013)。同时说明星翅蝗属的阳具基背片形状为盾状, 其完全不同于斑腿蝗科 *Catantopidae* 的其他属, 如凹背蝗属、拟裸蝗属、卵翅蝗属和腹露蝗属的阳具基背片形状为桥状(杨国辉和毛本勇, 2003; 2004; 冯丽霞等, 2004)。据陈阿兰和谭大风(2004)研究结果表明小车蝗属阳具基背片的冠突为两叶; 本研究中同为小车蝗属的黑条小车蝗也遵循此规律; 但此特征并非小车蝗属的独有特征, 网翅蝗科的雏蝗属阳具基背片也为两叶(陈阿兰, 2004)。结合本研究涉及的朱腿痼蝗和蒙古痼蝗的特点以及陈阿兰和谭大风(2004)研究中青海痼蝗

B. miramae 和祁连山痼蝗 *B. qilianshanicum* 的特点发现, 痼蝗属阳具基背片的冠突为棒状。据娄延霞等(2013)研究发现东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis* 的阳茎端瓣呈长刺形, 顶端极弯曲; 而本研究发现亚洲飞蝗的阳茎端瓣呈短钩状, 略向背面弯曲。

本研究对 9 个指标进行主成分分析发现第一主成分的主要组分有后突外侧间距、两锚状间距、桥宽、锚状突高、锚状突外侧间距和锚状突内侧间距; 第二主成分组分为阳具基背片长宽。因此综合 2 个主要成分的属性来说区分蝗虫雄性外生殖器的主要特征为后突间距、桥宽、锚状突的相对位置和阳具复合体的大小。本研究的主成分分析中第一主成分的

属性为后突间距、桥宽和锚状突的相对位置,而张丽丽(2009)的主成分分析中第一主成分的属性为锚状突的相对位置,两者在后突间距和桥宽的差异较大,可能是因为研究的物种总数差异所导致的,因为本研究涉及了12种蝗虫,而张丽丽(2009)研究中仅涉及2种蝗虫。另外,本研究新引入1个指标——阳具复合体的长宽比,并发现其为第二主成分的最主要组分,但是张丽丽(2009)研究中无此指标,尚无法比较。

参 考 文 献 (References)

- Chen AL. 2004. Comparisons on the male external genitalia of five species grasshoppers of the genus *Chorthippus* (Orthoptera: Arcypteridae). *Journal of Qinghai University (Natural Science)*, 22(3): 47–51 (in Chinese) [陈阿兰. 2004. 雏蝗属五种蝗虫雄性外生殖器的比较 (直翅目: 网翅蝗科). 青海大学学报 (自然科学版), 22(3): 47–51]
- Chen AL, Dan DF. 2004. Morphological study on the male genitalia of six species grasshoppers of Oedipodidae. *Journal of Qinghai Normal University (Natural Science)*, (2): 57–60 (in Chinese) [陈阿兰, 谭大风. 2004. 斑翅蝗科六种蝗虫雄性外生殖器的形态研究. 青海师范大学学报 (自然科学版), (2): 57–60]
- Feng LX, Sun JY, Fu P. 2004. Comparative study on the male genitalia of the genus *Fruhstorferiella* (Orthoptera, Aericidae). *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 27(2): 79–83 (in Chinese) [冯丽霞, 孙继英, 傅鹏. 2004. 腹露蝗属雄性外生殖器的比较研究 (直翅目: 蝗总科). 湖南师范大学自然科学学报, 27(2): 79–83]
- Lou YX, Lian GY, Liu ZG, Gao S. 2013. The microstructure of the external genitalia of *Locusta migratoria manilensis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(3): 818–823 (in Chinese) [娄延霞, 连国云, 刘志刚, 高松. 2013. 东亚飞蝗外生殖器的显微结构. 应用昆虫学报, 50(3): 818–823]
- Ou XH. 2000. Finding and description on male or female in three species of grasshoppers (Orthoptera: Acridoidea) from Yunnan. *Entomotaxonomia*, 22(4): 309–311 (in Chinese) [欧晓红. 2000. 云南三种蝗虫雌或雄性首次记述. 昆虫分类学报, 22(4): 309–311]
- Ren JL, Shao L, Zhao L. 2013. Comparative study on the external genitalia of two species grasshoppers of the genus *Calliptamus* in Xinjiang. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 36(5): 391–394 (in Chinese) [任金龙, 邵路, 赵莉. 2013. 新疆两种星翅蝗外生殖器的比较研究. 新疆农业大学学报, 36(5): 391–394]
- Wu G, Rong XL, Lei CL, Li DR, Wang XB. 2002. The anatomic observation on male external genitalia of *Chondracris rosea*. *Hubei Plant Protection*, (3): 4–6 (in Chinese) [吴刚, 荣秀兰, 雷朝亮, 李冬仁, 王晓波. 2002. 棉蝗雄性生殖器的解剖观察研究. 湖北植保, (3): 4–6]
- Yang GH, Mao BY. 2003. Morphological anatomy on the male genitalia of three species grasshoppers from western Yunnan Province. *Journal of Dali College*, 2(5): 34–35, 38 (in Chinese) [杨国辉, 毛本勇. 2003. 滇西地区三种蝗虫雄性外生殖器形态解剖. 大理学院学报, 2(5): 34–35, 38]
- Yang GH, Mao BY. 2004. Morphological anatomy on the male genitalia of three species of the genus *Caryanda* from west of Yunnan Province. *Journal of Dali College*, 3(5): 24–25 (in Chinese) [杨国辉, 毛本勇. 2004. 滇西地区三种卵翅蝗虫雄性外生殖器形态解剖. 大理学院学报, 3(5): 24–25]
- Yu HY, Shi WP. 2020. Outbreak, monitoring and control technology of desert locust *Schistocerca gregaria*. *Journal of Plant Protection*, <https://doi.org/10.13802/j.cnki.zwbhxb.2020.2020801> (in Chinese) [于红妍, 石旺鹏. 2020. 沙漠蝗灾发生、监测及防控技术进展. 植物保护学报, <https://doi.org/10.13802/j.cnki.zwbhxb.2020.2020801>]
- Yu JY, He XH. 2003. Data statistical analysis and SPSS application. Beijing: Posts and Telecom Press, pp. 251–310 (in Chinese) [余建英, 何旭宏. 2003. 数据统计分析与SPSS应用. 北京: 人民邮电出版社, pp. 251–310]
- Zhang LL. 2009. Preliminary study on intraspecies used epiphallus's morphological data. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 15(12): 27–28, 82 (in Chinese) [张丽丽. 2009. 利用蝗虫阳基背片形态学数据进行种下研究初探. 安徽农学通报, 15(12): 27–28, 82]
- Zhao ZH, Tu XB, Zhang ZH, Li ZH. 2020. The alert of population expansion of the desert locust *Schistocerca gregaria* and its risk to enter China. *Journal of Plant Protection*, <https://doi.org/10.13802/j.cnki.zwbhxb.2020.2020802> (in Chinese) [赵紫华, 涂雄兵, 张泽华, 李志红. 2020. 警惕沙漠蝗种群持续增加和入侵我国边境地区的风险. 植物保护学报, <https://doi.org/10.13802/j.cnki.zwbhxb.2020.2020802>]

(责任编辑:王 璇)