

## 西北地区 2 种短柄大蚊的精子泵及阳茎结构的比较形态学研究

张怡雪, 陈睿宇, 胡佳慧, 宋欢欢, 陈安, 门秋雷

(安庆师范大学生命科学学院皖西南生物多样性研究与生态保护安徽省重点实验室, 安徽安庆 246011)

**摘要:** 报道了分布于我国西北地区的 2 种短柄大蚊(*Nephrotoma aculeata* Loew 和 *Nephrotoma analis* Schummel)雄虫精子泵及阳茎的构造, 提供了各部分的插图, 对各部分特征进行了描述, 比较了形态学差异。

**关键词:** 大蚊科; 长角亚目; 短柄大蚊属; 雄性生殖系统; 双翅目

**中图分类号:** S158; S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)08-0017-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.08.005

## Comparative Morphological Study of Semen Pump and Aedeagus Between Two Species in Genus *Nephrotoma*

ZHANG Yixue, CHEN Ruiyu, HU Jiahui, SONG Huanhuan, CHEN An, MEN Qiulei

(School of Life Sciences, Province Key Laboratory of the Biodiversity Study and Ecology Conservation in Southwest Anhui, Anqing Normal University, Anqing Anhui 246011, China)

**Abstract:** This article reports the structure of the male sperm pump and aedeagus of two species of *Nephrotoma* distributed in northwest China: *Nephrotoma aculeata* Loew and *Nephrotoma analis* Schummel. The descriptions and illustrations of each part are provided, the characteristics of each part are described, and the morphological differences are also compared.

**Key words:** Tipuloidea; Nematocera; *Nephrotoma*; Male internal reproductive system; Diptera

短柄大蚊亚属(*Nephrotoma* Meigen)隶属于双翅目 Diptera 大蚊科 Tipulidae, 其模式种为广泛分布于欧洲的 *Nephrotoma dorsalis* Fabricius, 该属为大蚊科中种类较多的一个类群, 全世界已知 470 余种, 中国已报道 98 种<sup>[1]</sup>。该属因翅脉的 Rs 脉特别短而得名, 其属征还包括 m<sub>1</sub> 翅室通常无柄, 偶尔具柄; 第九腹板后缘形状多样, 通常具刺状突起; 雌性的尾须尖锐, 明显长于产卵瓣<sup>[2]</sup>。

短柄大蚊的分类研究在西方国家开始较早, 目前的研究重点在于系统发育研究和高级阶元的划分与重建。我国地处古北区和东洋区两大动物地理区系, 短柄大蚊种类较为丰富, 但分类学研究起步较晚, 目前仍处于物种调查和分类的初级阶段。早期从事中国短柄大蚊分类研究的有美国学者 Alexander、前苏联学者 Savchenko 及中国学者杨集昆和杨定。近年来 Men 等<sup>[3-5]</sup> 报道中国短柄大

收稿日期: 2021-04-16

基金项目: 安徽省拔尖人才支持计划项目(gxbjZD2020073)。

作者简介: 张怡雪(2001—), 女, 安徽蚌埠人, 本科在读, 研究方向为昆虫学。Email: 1297814988@qq.com。

通信作者: 门秋雷(1982—), 男, 河北大城人, 博士, 研究方向为昆虫学。Email: menqiulei888@126.com。

蚊 3 新种; Ren 等<sup>[6]</sup>系统整理了新疆的短柄大蚊; Yang 等<sup>[7]</sup>系统整理了西藏的短柄大蚊。以往的分类学研究多依据雄虫的第九腹板和生殖突的形状,并不参考雄性精子泵和阳茎的构造。

研究昆虫的内生殖系统结构,不仅能够帮助我们理解其功能,而且可为进一步的系统发育研究提供基础数据<sup>[8]</sup>。同时,能够帮助我们理解交尾机制、协同进化及精子传输机制<sup>[9]</sup>。另外,大蚊生殖系统各器官的结构特征是构建系统发育关系的主要特征来源,同时也是不同分类阶元鉴别特征选择的重要参考。鉴于此,我们对 *Nephrotoma aculeata* Loew 和 *Nephrotoma analis* Schummel 的雄虫精子泵及阳茎构造进行了解剖学研究。

### 1 材料与方法

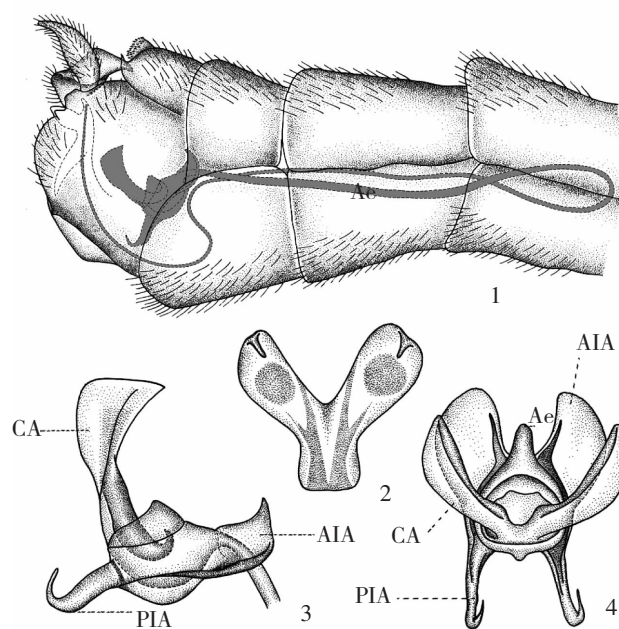
标本于 2018 年采集于新疆维吾尔自治区。解剖过程中,首先将雄虫的尾节剪下,置于 100 g/kg 氢氧化钠溶液,在 60 °C 金属浴中放置 10 min 并摇晃 2~3 次,待肌肉充分腐蚀后置于蒸馏水中冲洗,最后取出精子泵。观察和鉴定使用奥林巴斯 SZ61 体式显微镜。在体式显微镜下拍照,拍照部位包括精子泵的后固定内脊、前固定内脊、压缩内脊及阳茎。使用红环针管笔在体式显微镜下进行绘制,所有比例长度单位均为 mm。所用术语参照 Frommer<sup>[10]</sup> 北美大蚊生殖系统结构研究的相关著作。

## 2 结果与分析

### 2.1 *Nephrotoma analis* Schummel 雄虫精子泵及阳茎特征

*Nephrotoma analis* Schummel 雄虫精子泵由精子泵主体、压缩内脊、后固定内脊及前固定内脊构成。精子泵与阳茎主要位于雄虫第 6 至第 9 节生殖腔内(图 1-1),整体较长。压缩内脊呈“Y”形,顶端各具 1 钩状突起,两侧具有对称的圆形暗色斑与“Y”形暗色斑(图 1-2)。后固定内脊具两臂,基部较宽,端部

渐狭,向背部呈钩状弯曲;前固定内脊呈“Y”状分叉,侧面观端部上翘,背面观呈宽片状,边缘圆润(图 1-3、图 1-4)。阳茎呈细长管状,由基部至端部逐渐变细,无分支,阳茎长度至少是精子泵长度的 12 倍(图 1)。



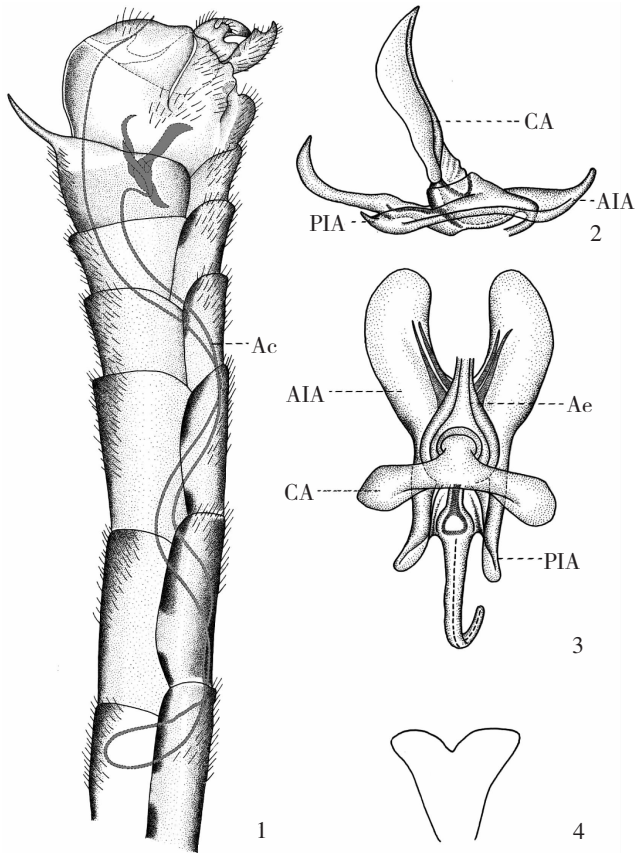
1 是尾节(侧面观); 2 是压缩内脊(背面观); 3 是精子泵(侧面观); 4 是精子泵(背面观)。Ae 为阳茎; CA 为压缩内脊; PIA 为后固定内脊; AIA 为前固定内脊。

图 1 *Nephrotoma analis* Schummel 雄虫精子泵及阳茎

### 2.2 *Nephrotoma aculeata* Loew 雄虫精子泵及阳茎的特征

*Nephrotoma aculeata* Loew 雄虫精子泵由精子泵主体、压缩内脊、后固定内脊及前固定内脊构成。其精子泵与阳茎主要位于雄虫的第 3 至第 9 节生殖腔内(图 2-1),整体较长。压缩内脊呈“Y”形,薄片状(图 2-2、2-3、2-4);后固定内脊具有两臂,向背部呈钩状弯曲,侧面观基部宽,端部渐狭,末端尖锐,中间具一向背部弯曲的长臂;前固定内脊呈“Y”状分叉,侧面观基部宽,端部渐狭,背面观顶端顿圆(图 2-2,图 2-3)。阳茎呈细长管状,由端部至末端逐渐变粗但变化不明显,无分支,阳茎长度至少为精子泵

长度的30倍(图2)。



1是尾节(侧面观); 2是精子泵(侧面观); 3是精子泵(背面观); 4是压缩内脊(背面观)。Ae为阳茎; CA为压缩内脊; PIA为后固定内脊; AIA为前固定内脊。

图2 *Nephrotoma aculeata* Loew 雄虫精子泵及阳茎

### 2.3 形态学比较

*Nephrotoma analis* Schummel 雄虫的压缩内脊具有对称的圆形色斑以及“Y”形色斑,顶端各具一钩状突起,且分支处凹陷较深,分支较为明显;而 *Nephrotoma aculeata* Loew 雄虫的压缩内脊呈薄片状,不具有色斑且分支处凹陷较浅。*N. analis* 雄虫的前固定内脊侧面观端部垂直上钩,背面观呈宽片状,边缘圆润;而 *N. aculeata* 雄虫的前固定内脊侧面观基部宽,端部渐狭,呈平缓上翘,背面观顶端顿圆。*N. analis* 雄虫的后固定内脊两臂向背部呈钩状弯曲程度较小,而 *N. aculeata* 雄虫的后固定内脊两臂向背部呈钩状弯曲程度较大。另外,阳茎的长度也可作为

*N. analis* 与 *N. aculeata* 的鉴别特征,*N. analis* 雄虫的阳茎长度至少是精子泵长度的12倍,而 *N. aculeata* 雄虫的阳茎长度至少是精子泵长度的30倍。

### 3 结论与讨论

在对大蚊的雄性个体进行分类时,一般选取的特征为尾节第9背板、内生殖突和外生殖突的形状特性。尽管大蚊总科物种的精子泵形态多样性较高且在不同分类等级上具有一定的形态差异规律,但多数学者并未关注精子泵构造。Frommer<sup>[10]</sup>在研究北美大蚊的基础上,系统整理了大蚊科物种的精子泵结构,将雄虫的精子泵按照结构差异分成3类,其中第三种类型最为常见,其最主要特征为后固定内脊具双臂。在属级层面上,精子泵存在明显的形态差异。Xue等<sup>[11]</sup>研究发现,撒大蚊的后固定内脊合并成1个臂且向后方弯曲,这一特征为该亚属独有,作者将其定义为精子泵第三种类型的亚型。Men等<sup>[12]</sup>研究了全斑喜马拉雅大蚊 *Tipula (E-modotipula) holoteles* Alexander 的精子泵构造,并与该属内13个种的精子泵进行了比较,发现其该属物种的精子泵的后固定内脊非常发达,呈刀状并向背部弯曲。短柄大蚊属物种的精子泵一般具有较长的压缩内脊,宽大的前固定内脊以及较小的后固定内脊。在种级层面上,精子泵同样存在显著差异,多表现为颜色及各脊的形状等方面。本研究,中, *Nephrotoma aculeata* 和 *N. analis* 的压缩内脊形状和颜色显著不同,前固定内脊和后固定内脊的形状也存在明显差异。这一结果为依据精子泵特征鉴定物种提供了参考。

大蚊的阳茎呈光滑的管状,一般不作为分类的依据。但是近年来的研究发现,同属不同物种的阳茎在长度和形状方面变化多样,如两大蚊亚属 *Tipula (Formotipula)* Matsumura 不同物种的阳茎不仅长度不同,而且端部都具有形状各异的钩状突起<sup>[13-14]</sup>。



*Dolichozeza*(*Nesozeza*)Alexander 的阳茎末端具有锯齿,不同种间其锯齿的形状明显不同<sup>[15]</sup>。短柄大蚊的阳茎一般不具任何突起,但长度差异显著,本研究中两种大蚊的阳茎长度相差数倍。

基于本实验室未发表的数据,发现具较长阳茎的短柄的大蚊物种,其雌虫也具有长度相当的交配囊。这种长度的相关性是否也是锁钥机制的一种形式,需要进一步的形态学比较研究加以印证。

#### 参考文献:

- [1] OOSTERBROEK P. Catalogue of the Craneflies of the World(Diptera, Tipuloidea: Pediciidae, Limoniidae, Cylindrotomidae, Tipulidae)[DB/OL]. (2021-03-18)[2021-04-01]. <http://ccw.naturalis.nl/support.php>.
- [2] TANGELDER, I R M. A revision of the crane fly genus *Nephrotoma* Meigen, 1803, in North America (Diptera, Tipulidae), Part 1, the dorsalis species-group[J]. *Beaufortia*, 1983, 33: 111-205.
- [3] MEN Q L, LU Z Y, SHENG P P, et al. Taxonomy on crane flies in family Tipulidae and Limoniidae (Diptera: Tipuloidea) from Yaoluoping National Nature Reserve, China, with descriptions of one new species of subgenus *Tipula* (*Emodotipula*) and one new subspecies of genus *Nephrotoma* (Diptera: Tipulidae)[J]. *Zoological Systematics*, 2017, 42 (4): 476-489.
- [4] MEN Q L, XUE G X, YANG H. Two new species of the genus *Nephrotoma* (Diptera, Tipuloidea, Tipulidae) from China with a key to species from Mainland China[J]. *Zoo Keys*, 2015, 532: 117-136.
- [5] MEN Q L, XUE G X, WANG F. Taxonomy on crane flies from Mountain Huang, China, with descriptions of two new species (Diptera: Tipulidae) [J]. *Zoological Systematics*, 2016, 41(1): 89-101.
- [6] REN J L, YANG D. *Nephrotoma* Meigen (Diptera, Tipulidae) from Xinjiang, China [J]. *Zootaxa*, 2017, 4353(3): 551-567.
- [7] YANG Q C, LIU Q F, PAN Z H, et al. *Nephrotoma* Meigen (Diptera, Tipulidae) from Xizang Autonomous Region, China[J]. *Zoo Keys*, 2020, 973: 123-151.
- [8] MEN Q L, SUN M W, STARKEVICH P. Comparative morphological study of reproductive system between Tipulidae and Limoniidae (Diptera: Tipuloidea)[J]. *Zoological Systematics*, 2018, 43(1): 89-102.
- [9] BYERS G W. The crane fly genus *Dolichozeza* in North America[J]. *Kansas University Science Bulletin*, 1961, 42: 665-924.
- [10] FROMMER S I. Gross morphological studies of the reproductive system in representative North American crane flies(Diptera: Tipulidae) [J]. *Kansas University Science Bulletin*, 1963, 44(12): 535-625.
- [11] XUE G X, MEN Q L. New species of subgenus *Tipula* (*Sivatipula*) from China, with redescription of *T. (S.) parvaurecula* and a key to all known species of the Oriental Region (Diptera, Tipulidae, *Tipula*)[J]. *Zoo Keys*, 2016, 563: 33-42.
- [12] MEN Q L, PODENAS S, STARKEVICH P. Redescription of male and female genitalia of *Tipula* (*Emodotipula*) holoteles, with notes on the structure of the semen pump in the subgenus *Emodotipula* [J]. *Entomotaxonomia*, 2019, 41(4): 273-280.
- [13] 赵晴, 张佳, 盛楠. 螺祖丽大蚊生殖系统结构研究[J]. *安徽农学通报*, 2019, 25 (12): 75-76; 92.
- [14] MEN Q L. Two new species of *Tipula* (*Formotipula*)(Diptera: Tipulidae) from China[J]. *Entomotaxonomia*, 2020, 42(4): 282-297.
- [15] MEN Q L, DONG Y, YUE C, et al. Six new species of *Dolichozeza* (*Nesozeza*) (Diptera: Tipulidae) from China[J]. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 2018, 58(2): 589-608.

(本文责编: 陈珩)