

# 中国蟾蜍属精子形态比较

李文雅 郑中华\* 江建平 谢锋 覃丽梅

(中国科学院成都生物研究所 成都 610041; 中国科学院研究生院 北京 100049)

**摘要:** 采用扫描电镜和光学显微镜观察了采自我国的蟾蜍属 (*Bufo*) 7种(亚种)的精子形态,对精子各部位量度进行了测量和计算。结果表明,该属7种(亚种)精子的形态基本相同,精子由头部、中片和尾部组成,头部细长微弯且前端渐尖,中片有球状突起,尾部长,由轴纤维、轴丝和波动膜构成。与已有报道的两栖动物的精子形态相比较,蟾蜍属精子与无尾类其他科精子形态差别较大,而与有尾类精子形态相似。本文认为两栖动物精子形态和量度在科间存在明显差异;两栖动物精子形态的差异可能与其繁殖模式有关。

**关键词:** 蟾蜍属;精子;形态;量度

**中图分类号:** Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2008)01-109-07

## Sperm Morphology of *Bufo* from China

LI Wen-Ya ZHENG Zhong-Hua\* JIANG Jian-Ping XIE Feng QIN Li-Mei

(Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041;

Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Sperm shape of 7 species (subspecies) of the genus *Bufo* was observed by light and scanning electron microscope, and the size of spermatozoa were also measured. The results show that the sperm from the 7 species (subspecies) are basically similar in shape: the sperm are composed of head, mid-piece and tail; the head is thin, long and slightly curved; the mid-piece is relatively evident, and the tail is long and winding with an undulating membrane. The shape of spermatozoa from genus *Bufo* differs remarkably from that of other families of Anura, but is more similar to that of Urodela. The spermatozoa differ in morphology and size among different families of Amphibia, and the diversity of sperm morphology of Amphibia might be related to their different reproductive modes.

**Key words:** *Bufo*; Sperm; Morphology; Measurement

蟾蜍属 (*Bufo*) 隶属两栖纲 (Amphibia) 无尾目 (Anura) 蟾蜍科 (Bufonidae), 该属物种数量多, 分布广, 除马达加斯加、大洋洲、巴布亚新几内亚、南太平洋岛屿外, 广泛分布于全球各地。在中国已知 15 种, 各省 (区) 均有分布。该属物种一般为陆栖, 行体外受精, 卵群呈带状, 卵排列在带状胶质管内<sup>[1]</sup>。长期以来国内外学者对其分类、地理分布、生态和胚胎发育等方面开展了广泛的研究, 特别是近年来对蟾蜍的养殖进行了较多的研究<sup>[2~8]</sup>。对蟾蜍属物种精子的研究报道较少, 国外仅见 Lee、Kuramoto、Scheltinga 等

对中华蟾蜍指名亚种 (*Bufo g. gargarizans*)、黑眶蟾蜍 (*B. melanostictus*)、海蟾蜍 (*B. marinus*) 等精子的研究<sup>[9~11]</sup>, 国内学者梁仁济对中华蟾蜍指名亚种和花背蟾蜍 (*B. raddei*) 精子形态进行了研究<sup>[12]</sup>。已有报道多是对单个物种精子的研究, 还缺乏对蟾蜍属精子形态和量度的

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 30570195);

\* 通讯作者, E-mail: zhengzh@cib.ac.cn;

第一作者介绍 李文雅, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物学;

E-mail: liwenya\_52@163.com.

收稿日期: 2007-06-19, 修回日期: 2007-09-14

系统比较研究。本文拟对中国蟾蜍属 7 种(亚种)精子的形态结构和量度进行系统的研究,并结合已有的关于两栖动物精子形态的研究报道,探讨蟾蜍属精子的形态结构和量度特征,同时也为两栖动物精子的系统研究及蟾蜍的人工养殖提供基础资料。

## 1 材料与方法

**1.2 材料** 研究物种包括蟾蜍属的中华蟾蜍华西亚种(*B. g. andrewsi*)、中华蟾蜍指名亚种、中华蟾蜍岷山亚种(*B. g. minshanicus*)、黑眶蟾蜍、圆疣蟾蜍(*B. tuberculatus*)、西藏蟾蜍(*B. tibetanus*)和隆枕蟾蜍(*B. cyphosus*)。标本采于 1998~2006 年的繁殖季节,其产地见表 1。在相同实验条件下对不同标本进行取样、拍照,最后一次性完成测量工作。

**1.2 光学显微镜和扫描电镜样品的制备** 选取性成熟的雄性个体,用双毁髓法处死后立即沿腹部剖取精巢,去掉周围的结缔组织后用蒸馏水清洗干净,加入 3% 戊二醛或 10% 甲醛固定液,并用针头将其捅破以便固定液渗入,2 h 后吸取精子悬浮液涂片,自然干燥后用苯胺蓝染色,水洗,干燥后于 ZEISS Axioplan 2 光学显微镜观察,并用 ZEISS AxioVision 4.0 软件进行拍照。

扫描电子显微镜样品的制备过程为将精巢放入 3% 的戊二醛固定液,用干净牙签轻轻挤破释放精子,吸取上清液加双蒸水静置片刻,再吸取精子悬浮液涂片,待自然干燥后,经脱水、临界点干燥、喷金后于 JEOL JSM-5900 LV 扫描电子显微镜观察和拍照。

**1.3 精子长度的测量和数据统计** 用 ArcView Gs 3.2 软件测量精子各部位的长度、总长和宽度。测得数据用 SPSS 软件进行统计分析,对不同特征分别以平均值  $\pm$  标准差表示。

## 2 结果与讨论

**2.1 蟾蜍属精子的形态结构特征** 采自我国的 7 种(亚种)蟾蜍精子的形态基本相同(图版 1),都由头部、中片和尾部构成,精子的头部均

细长,微弯或呈弧形,前端渐尖;顶体呈柱状或锥状;中片呈球状突起或块状;尾部长,由轴纤维、波动膜、轴丝构成,轴纤维与中片相连,波动膜位于轴纤维旁,轴丝与波动膜相连,尾部末端无轴纤维和波动膜,仅见轴丝。本文研究结果与 Lee 等描述的海蟾蜍、梁仁济描述的中华蟾蜍指名亚种、花背蟾蜍, Kuramoto 描述的大蟾蜍日本亚种(*B. b. japonicus*)、黑眶蟾蜍和中华蟾蜍指名亚种精子的形态基本相同<sup>[9,10,12]</sup>。这体现了蟾蜍属精子形态的共性。此外,本文结果中西藏蟾蜍精子的顶体呈两种形态(图版 1:3, 9),一种呈柱状,另一种前端呈细针状。这与已有报道的蟾蜍属其他种精子的顶体形态不一致,也与已有报道的无尾类其他科精子的顶体形态不相同<sup>[13]</sup>,而与有尾类中的云斑小鲵(*Hynobius nebulosus*)、布氏厚掌鲵(*Pachypalaminus boulengeri*)<sup>[14]</sup>、琥珀小鲵(*H. stejnegeri*)<sup>[15]</sup>、龙洞山溪鲵(*Batrachuperus longdongensis*)<sup>[16]</sup>、西藏山溪鲵(*B. tibetanus*)<sup>[17]</sup>等物种精子顶体鞘脱落后的顶体形态相似。关于西藏蟾蜍精子的顶体是否具有顶体鞘,有待进一步的研究。

**2.2 蟾蜍属精子的量度特征** 采自我国的蟾蜍属 7 种(亚种)精子各部位量度存在较大的种间差异(表 1)。7 种精子全长为 62.39~86.31  $\mu\text{m}$ ,头长为 14.66~24.71  $\mu\text{m}$ ,尾长为 39.03~60.49  $\mu\text{m}$ 。其中,中华蟾蜍指名亚种精子的尾部及全长量度均最长,隆枕蟾蜍精子的尾部及全长量度均最短;西藏蟾蜍精子头部最长,黑眶蟾蜍头部最短。本文测量结果与已有报道的蟾蜍属其他物种精子的量度基本一致,如 Lee 等<sup>[9]</sup>及 Scheltinga<sup>[11]</sup>报道的海蟾蜍精子的全长为 68~70  $\mu\text{m}$ , Kuramoto<sup>[10]</sup>报道的黑眶蟾蜍、中华蟾蜍指名亚种、大蟾蜍日本亚种精子全长分别为 63.7  $\mu\text{m}$ 、71.9  $\mu\text{m}$  和 89.3  $\mu\text{m}$ , Jamieson<sup>[13]</sup>报道的安第斯蟾蜍(*B. arunco*)、花采蟾蜍(*B. variegatus*)、西北蟾蜍(*B. boreas*)精子全长分别为 51  $\mu\text{m}$ 、67  $\mu\text{m}$ 、76  $\mu\text{m}$ , 梁仁济<sup>[12]</sup>报道的中华蟾蜍指名亚种、花背蟾蜍的精子全长为 69  $\mu\text{m}$ 、62  $\mu\text{m}$ 。结合已有报道可得蟾蜍属精子全长为

表 1 蟾蜍属精子的量度  
Table 1 Sperm size of *Bufo* ( $\mu\text{m}$ )

种名 Species	采集地 Location	精子数 N	顶体长度 Acrosome length	头长 Head length	中片长 Mid-piece length	轴纤维长 Axial fiber length	末段轴丝长 Endpiece length	尾长 Tail length	全长 Total Length	头宽 Head width	数据来源 Data source
圆疣蟾蜍 <i>B. tuberculatus</i>	四川稻城 Daocheng, Sichuan	20	3.25 ± 0.65	22.63 ± 3.20 (30.07%)	2.84 ± 0.71	32.96 ± 6.08	14.15 ± 5.58	47.11 ± 8.15 (62.59%)	75.27 ± 8.95	2.44 ± 0.20	本研究
隆疣蟾蜍 <i>B. melanostictus</i>	西藏察隅沙码 Chayushama, Xizang	20	2.79 ± 0.44	17.72 ± 2.65 (31.22%)	2.92 ± 0.54	24.54 ± 5.02	14.48 ± 3.31	39.03 ± 5.04 (68.78%)	62.39 ± 6.98	2.40 ± 0.35	
黑眶蟾蜍 <i>B. melanostictus</i>	海口 Haikou	20	3.44 ± 0.69	18.82 ± 2.45 (28.81%)	2.88 ± 0.62	30.33 ± 4.52	9.86 ± 2.73	40.19 ± 4.87 (61.52%)	65.33 ± 4.76	2.30 ± 0.11	
花背蟾蜍 <i>B. raddeii</i>	云南保山 Baoshan, Yunnan	20	3.53 ± 0.75	14.66 ± 2.02 (20.88%)	2.43 ± 0.56	33.63 ± 3.66	15.97 ± 2.54	49.60 ± 3.84 (70.64%)	70.22 ± 3.80	2.48 ± 0.28	[10]
花采蟾蜍 <i>B. variegatus</i>	台北 Taibei	10	2.3 ± 0.4	18.6 ± 1.1 23(21~25)	1.4 ± 0.4	-	-	41.5 ± 6.2	63.7 ± 6.3	1.1 ± 0.1	[10]
安第斯蟾蜍 <i>B. arunzo</i>	-	-	-	17	-	-	-	39(34~41)	62(55~66)	-	[12]
大蟾蜍日本亚种 <i>B. b. japonicus</i>	-	-	-	16	-	-	-	50	67	-	[13]
海蟾蜍 <i>B. marinus</i>	台北 Taibei	15	2.6 ± 0.4	26.8 ± 2.5	1.4 ± 0.3	-	-	58.4 ± 9.4	89.3 ± 10.5	1.0 ± 0.1	[10]
中华蟾蜍岷山亚种 <i>B. g. minshanicus</i>	-	-	-	18~21	2.3~2.9	-	10	44~50	68~70	-	[13]
中华蟾蜍华西亚种 <i>B. g. andrewsi</i>	甘肃文县 Wenxian, Gansu	20	4.33 ± 0.91	18.60 ± 2.70 (25.87%)	2.87 ± 0.51	31.42 ± 5.21	14.69 ± 5.26	46.11 ± 6.82 (64.12%)	71.91 ± 8.45	2.36 ± 0.29	本研究
中华蟾蜍华西亚种 <i>B. g. andrewsi</i>	四川九龙 Jiulong, Sichuan	20	4.11 ± 0.67	22.75 ± 3.83 (28.18%)	2.97 ± 0.73	32.84 ± 4.32	18.07 ± 3.41	50.90 ± 5.22 (63.05%)	80.73 ± 6.90	2.43 ± 0.25	
中华蟾蜍华西亚种 <i>B. g. andrewsi</i>	湖北利川 Lichuan, Hubei	20	3.53 ± 0.61	21.63 ± 3.72 (28.02%)	2.82 ± 0.76	34.17 ± 5.29	21.38 ± 4.97	55.56 ± 4.91 (71.98%)	83.54 ± 4.76	2.08 ± 0.29	
中华蟾蜍指名亚种 <i>B. gargarzans</i>	甘肃文县 Wenxian, Gansu	20	3.35 ± 0.54	21.04 ± 2.16 (24.38%)	2.71 ± 0.67	28.49 ± 5.64	30.73 ± 8.40	59.22 ± 6.57 (68.61%)	86.31 ± 7.30	2.61 ± 0.28	
中华蟾蜍指名亚种 <i>B. gargarzans</i>	四川龙泉 Longquan, Sichuan	20	3.98 ± 0.95	19.08 ± 1.85 (23.98%)	2.54 ± 0.52	37.53 ± 4.40	22.96 ± 4.71	60.49 ± 4.43 (76.02%)	85.97 ± 5.07	1.87 ± 0.22	
西藏蟾蜍 <i>B. tibetanus</i>	台北 Taibei	15	2.7 ± 0.6	23.8 ± 2.5 21(16~25)	1.3 ± 0.4	-	-	44.0 ± 5.9	71.9 ± 5.5	1.1 ± 0.1	[10]
西藏蟾蜍 <i>B. tibetanus</i>	安徽 Anhui	-	-	-	-	-	-	48(40~61)	69(56~86)	-	[12]
西北蟾蜍 <i>B. boreas</i>	四川理塘 Litang, Sichuan	20	3.39 ± 0.67	24.71 ± 3.30 (31.16%)	2.77 ± 0.52	31.44 ± 5.54	16.99 ± 5.49	48.43 ± 4.03 (61.06%)	79.31 ± 5.05	2.74 ± 0.29	本研究
西北蟾蜍 <i>B. boreas</i>	-	-	-	25	2.4	-	8	48	76	-	[13]

括号中数据为量度范围;百分比为各部位与总长之比;“-”为缺乏数据。Data in brackets show the range of length; Ratio to the total length is given by %; “-”: Absent.

51 ~ 89  $\mu\text{m}$ , 头长为 14.66 ~ 26.8  $\mu\text{m}$ , 尾长为 35 ~ 60.49  $\mu\text{m}$  (表 1)。与无尾类其他科精子的量度相比较, 蛙科物种精子全长为 36 ~ 139  $\mu\text{m}$ <sup>[13]</sup>, 树蛙科物种精子全长为 48.6 ~ 213.1  $\mu\text{m}$ <sup>[13]</sup>, 角蟾科物种精子全长为 35 ~ 187  $\mu\text{m}$ <sup>[13, 18]</sup>。蟾蜍属物种精子量度变化范围较小, 种间差异较小。

本文与 Kuramoto<sup>[10]</sup> 对黑眶蟾蜍和中华蟾蜍指名亚种的台北居群、梁仁济<sup>[12]</sup> 对中华蟾蜍指名亚种的安徽居群精子的研究相比较, 发现同种不同居群物种的精子形态基本相同, 仅精子量度略有差异 (表 1)。采于台北和海口的黑眶蟾蜍, 其精子各部位量度差别较小, 而云南居群与前两个居群的精子量度相差较大, 如其头部在 3 个居群中最短, 而精子尾部及全长量度最长。中华蟾蜍指名亚种的 4 个居群中, 甘肃居群精子最长, 四川居群、台北居群次之, 安徽居群最短; 4 个居群的头部量度差异较小, 而尾部量度差异较大, 其中, 甘肃居群和四川居群精子的尾长接近, 台北居群和安徽居群的尾长接近。Qin 等<sup>\*</sup> 对树蛙属精子形态量度的研究认为, 同一物种不同居群精子量度差异明显, 离海较远居群比离海较近居群的精子长。本文中黑眶蟾蜍云南居群精子长于海口居群和台北居群, 中华蟾蜍指名亚种的甘肃居群和四川居群精子明显长于台北居群和安徽居群, 但台北居群精子长于安徽居群, 中华蟾蜍华西亚种湖北居群精子长于四川居群。本文结果表明, 蟾蜍属不存在树蛙属同种不同居群的精子长度与距离海洋远近呈梯度关系的现象。

本文对不同地理居群精子形态和量度的研究结果与 Kuramoto<sup>[19]</sup> 对无尾类的 *Chirixalus eiffingeri*、泽蛙 (*Rana limnocharis*) 和黑斑蛙 (*R. nigromaculata*), 郑中华等<sup>[18]</sup> 对角蟾属 (*Megophrys*), Qin 等<sup>\*</sup> 对树蛙属 (*Rhacophorus*), Kuramoto<sup>[15]</sup> 对有尾类云斑小鲵、黑疣小鲵 (*H. stejnegeri*) 精子的研究结果一致, 即同种不同地理居群精子的形态相同, 仅长度存在差别, 说明蟾蜍属精子的形态较稳定。

### 2.3 蟾蜍属精子形态与两栖类其他科精子形态的比较

本文结果与已有报道的无尾类动物精子形态比较表明: 蟾蜍属精子的形态与无尾两栖类其他科的精子具有明显的差异 (表 2)。如铃蟾科的精子头部呈纺锤状, 微弯或呈弧形, 头部与尾部并列排列, 头部腹面可见波动膜; 角蟾科精子细长, 头部呈螺旋状, 尾部呈波状或弯曲状, 头部略粗于尾部或几相等; 雨蛙科的精子头部呈弯月状; 蛙科的精子头部粗短, 一般呈棒状, 头部远粗于尾部; 树蛙科的精子头部呈弯镰状、线状或盘绕成圈。蛙科、树蛙科、雨蛙科精子的顶体多呈小的囊泡状或盘状, 在光镜下不容易区分, 而蟾蜍精子的顶体较长, 呈柱状或锥状, 在光镜下可明显看到顶体位于头前端渐尖的一部分, 电镜下可看到顶体与头部连接处有收缩<sup>[11, 18-23]</sup>。蟾蜍属精子与无尾两栖类其他科精子形态最突出的差异是尾部结构, 无尾类多数科物种精子的尾部由单根轴丝构成, 无波动膜、轴纤维, 仅有铃蟾科和雨蛙科少数种精子具有波动膜。但蟾蜍属精子头部和尾部的形态特征与有尾类精子的相似, 如小鲵科的龙洞山溪鲵、西藏山溪鲵、云斑小鲵、布氏厚掌鲵、极北鲵 (*Salmandrella keyserlingii*)、日本爪鲵 (*Onychodactylus japonicus*)、蝾螈科的镇海棘螈 (*Echinotriton chinhaiensis*)、红腹蝾螈 (*Cynops pyrrhogaster*)<sup>[14, 16, 17, 24]</sup> 等精子头部均细长微弯, 头部呈锥状且前端渐细, 尾部呈弯曲状, 尾部由轴纤维、波动膜、轴丝构成, 蟾蜍属精子的形态更接近有尾类的精子形态。两栖动物的繁殖模式呈多样化, 无尾类中角蟾科卵产于溪流石块底面, 卵群多呈环状或块状; 树蛙科卵产在卵泡或胶质物内, 卵附着在植物叶片或潮湿的泥窝内; 姬蛙科卵单粒或成片状浮于水面; 蛙科卵粒成团或分成小群; 蟾蜍属卵排列在长管状胶质卵带内。蟾蜍属与无尾类其他科两栖动物繁殖模式不同, 而与有尾类小鲵科繁殖模式相似, 如小鲵科卵粒在圆筒状长形卵胶袋内<sup>[1]</sup>。本文认为

\* Qin L M, Zheng Z H, Jiang J P, et al. Spermatozoa of 5 species in the family of Rhacophorus. *Asiatic Herpetological Research*. 2007. (in press).

表 2 两栖类部分物种精子形态结构的比较

Table 2 The comparison of sperm morphology among some species of Amphibia

科 Family	顶体 Acrosome	头部 Head	中片 Mid-piece	尾部 Tail	波动膜 Undulating membrane	轴纤维 Axial fiber	参考文献 Reference
小鲵科 Hynobiidae	锥形,明显	锥状,微弯	明显	弯曲状或环状	有	有	[16]
蝾螈科 Salamandridae	锥状,明显	锥状,微弯	明显	弯曲状或环状	有	有	[24]
铃蟾科 Bombinatoridae	柱状,明显	纺锤状	无	丝状	有	有	[20]
蟾蜍科 Bufonidae	柱状或锥状,明显	细长微弯	明显	波状或弯曲状	有	有	本研究
角蟾科 Megophryidae	不明显	螺旋状	不明显	波状或弯曲状	无	无	[18]
雨蛙科 Hylidae	锥状,不明显	弯月状	不明显	线状	有或无	有或无	[21]
蛙科 Ranidae	囊泡状,不明显	棒状	不明显	线状	无	无	[23]
树蛙科 Rhacophoridae	不明显	螺旋	不明显	细线形	无	无	[19]
姬蛙科 Microhylidae	锥状,不明显	圆锥状	不明显	线状	无	无	[11]

精子形态可能与不同两栖动物的生境和繁殖习性有关,蟾蜍属与有尾类小鲵科卵粒都在卵胶袋内,蟾蜍属精子与有尾类精子的形态也具有较多共同的特征。

## 参 考 文 献

- [1] 费梁,叶昌媛,黄永昭. 中国两栖动物检索及图解. 成都:四川科学技术出版社,2005.
- [2] 张丽,刘怀金,王子仁. 花背蟾蜍的实验室养殖技术. 实验动物科学与管理,2005,22(3):48~50.
- [3] 周立志,宋榆钧,贾庆涛等. 花背蟾蜍繁殖生态研究. 淮北煤师院学报,1998,19(3):40~46.
- [4] 王立志,李晓晨. 大蟾蜍卵孵化的温度效应研究. 河北农业大学学报,2006,29(3):71~74.
- [5] 时磊,周永恒,原洪. 中国蟾蜍一新纪录——大蟾蜍. 动物分类学报,2005,30(2):444~445.
- [6] 赵振芳. 花背蟾蜍胚胎发育的初步观察. 动物学杂志,1991,26(2):11~16.
- [7] 费梁,叶昌媛,江建平. 中国蟾蜍科一新属. 动物分类学报,2003,28(4):762~766.
- [8] 杨大同,刘万兆. 中国蟾蜍类一个新类群及其生物学. 动物学研究,1996,17(4):353~359.
- [9] Lee M S Y, Jamieson B G M. The ultrastructure of the spermatozoa of Bufonid and Hylid frogs (Anura, Amphibia): implications for phylogeny and fertilization biology. *Zoologica Scripta*, 1993, 22(3):309~323.
- [10] Kuramoto M. Spermatozoa of several frog species from Japan and adjacent regions. *Jpn J Herpetol*, 1998, 17(3):107~116.
- [11] Scheltinga D M, Jamieson B G M, Bickford D P, et al. Morphology of the spermatozoa of the Microhylidae (Anura, Amphibia). *Acta Zoologica*, 2002, 83:263~275.
- [12] 梁仁济. 我国 24 种无尾两栖类精子形态的研究. 动物学杂志, 1994, 29(1):20~23.
- [13] Jamieson B G M. Reproductive Biology and Phylogeny of Anura. New Hampshire: Science Publishers (USA), 2003, 146~217.
- [14] Kuramoto M. Scanning electron microscopic studies on the spermatozoa of some Japanese Salamanders (Hynobiidae, Cryptobranchidae, Salamandridae). *Jpn J Herpetol*, 1995, 16(2):49~58.
- [15] Kuramoto M. Further studies on sperm morphology of Japanese salamanders, with special reference to geographic and individual variation in sperm size. *Jpn J Herpetol*, 1997, 17(1):1~10.
- [16] 郑中华, 谢锋, 费梁等. 龙洞山溪鲵精子形态研究. 两栖爬行动物学研究, 2002, 9:4~9.
- [17] 覃丽梅, 谢锋, 郑中华等. 西藏山溪鲵精子的形态. 动物学杂志, 2005, 40(2):71~74.
- [18] 郑中华, 费梁, 叶昌媛等. 中国角蟾属精子的形态学研究. 应用与环境生物学报, 2000, 6(2):161~165.
- [19] Kuramoto M. Generic differentiation of sperm morphology in

- treefrogs from Japan and Taiwan. *Journal of Herpetology*, 1996, **30**(3):437~443.
- [20] 郑中华, 费梁, 叶昌媛. 盘舌蟾科铃蟾属精子形态研究. 两栖爬行动物学研究, 2000, **8**:222~227.
- [21] 林丹军, 尤永隆. 中国雨蛙精子结构及其在系统发育上的意义. 动物学研究, 1999, **20**(3):161~167.
- [22] Kuramoto M, Joshy S H. Scanning electron microscopic studies on spermatozoa of Anurans from Indian and SriLanka. *Amphibia Reptilia*, 2001, **22**:303~308.
- [23] Kuramoto M, Joshy S H. Sperm morphology of some Indian frogs as revealed by SEM. *Current Herpetology*, 2000, **19**(2):63~70.
- [24] 郑中华, 谢锋, 费梁等. 镇海棘螈和大凉疣螈精子形态研究. 两栖爬行动物学研究, 2000, **8**:228~232.

## 图 版 说 明

1. 黑眶蟾蜍精子, 比例尺 = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 4\ 000$ ); 2. 中华蟾蜍华西亚种(湖北)精子, 比例尺 = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 6\ 000$ ); 3. 西藏蟾蜍精子, 比例尺 = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 4\ 000$ ); 4. 中华蟾蜍指名亚种(甘肃)精子, 比例尺 = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 4\ 000$ ); 5. 中华蟾蜍华西亚种(四川)精子, 比例尺 = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 2\ 500$ ); 6. 中华蟾蜍岷山亚种精子, 比例尺 = 5  $\mu\text{m}$  ( $\times 3\ 500$ ); 7. 中华蟾蜍指名亚种(四川)精子, 比例尺 = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 6\ 000$ ); 8. 隆枕蟾蜍精子, 比例尺 = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 6\ 000$ ); 9. 西藏蟾蜍精子顶体, 比例尺 = 2  $\mu\text{m}$  ( $\times 6\ 000$ ); 10. 黑眶蟾蜍精子顶体, 比例尺 = 1  $\mu\text{m}$  ( $\times 10\ 000$ ); 11. 中华蟾蜍岷山亚种精子顶体, 比例尺 = 1  $\mu\text{m}$  ( $\times 10\ 000$ ); 12. 黑眶蟾蜍精子中片, 比例尺 = 1  $\mu\text{m}$  ( $\times 10\ 000$ ); 13. 中华蟾蜍指名亚种(四川)精子中片, 比例尺 = 2  $\mu\text{m}$  ( $\times 7\ 000$ ); 14. 中华蟾蜍指名亚种(四川)精子顶体, 比例尺 = 2  $\mu\text{m}$  ( $\times 7\ 000$ )。A: 顶体; H: 头部; Mp: 中片; Ax: 轴丝; Um: 波动膜; Af: 轴纤维; Ep: 末段轴丝。

## Explanation of Plate

1. *B. melanostictus*, Bar = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 4\ 000$ ); 2. *B. g. andrewsi*, Hubei, Bar = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 6\ 000$ ); 3. *B. tibetanus*, Bar = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 4\ 000$ ); 4. *B. g. gargarizans*, Gansu, Bar = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 4\ 000$ ); 5. *B. g. andrewsi*, Sichuan, Bar = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 2\ 500$ ); 6. *B. g. minshanicus*, Bar = 5  $\mu\text{m}$  ( $\times 3\ 500$ ); 7. *B. g. gargarizans*, Sichuan, Bar = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 6\ 000$ ); 8. *B. cyphosus*, Bar = 10  $\mu\text{m}$  ( $\times 6\ 000$ ); 9. Acrosome of *B. tibetanus*, Bar = 2  $\mu\text{m}$  ( $\times 6\ 000$ ); 10. Acrosome of *B. melanostictus*, Bar = 1  $\mu\text{m}$  ( $\times 10\ 000$ ); 11. Acrosome of *B. g. minshanicus*, Bar = 1  $\mu\text{m}$  ( $\times 10\ 000$ ); 12. Midpiece part of *B. melanostictus*, Bar = 1  $\mu\text{m}$  ( $\times 10\ 000$ ); 13. Midpiece part of *B. g. gargarizans*, Sichuan, Bar = 2  $\mu\text{m}$  ( $\times 7\ 000$ ); 14. Acrosome of *B. g. gargarizans*, Sichuan, Bar = 2  $\mu\text{m}$  ( $\times 7\ 000$ ).

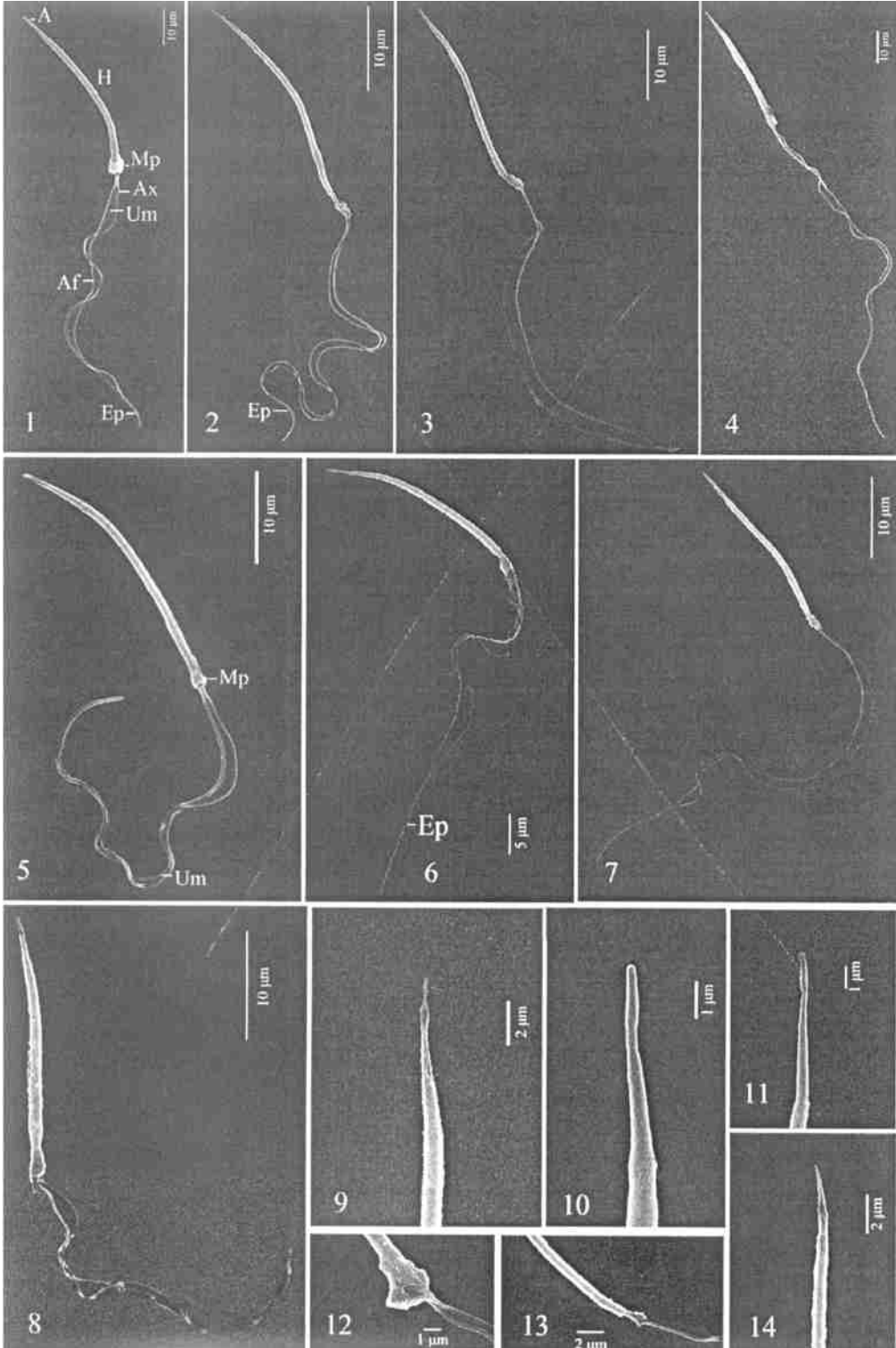
A: Acrosome; H: Head; Mp: Mid-piece; Ax: Axoneme; Um: Undulating membrane; Af: Axial fiber; Ep: Endpiece.

李文雅等:中国蟾蜍属精子形态比较

图版

LI Wen-Ya *et al.*: Sperm Morphology of *Bufo* from China

Plate



图版说明见文后