

文章编号:1000-0615(2012)04-0514-08

DOI:10.3724/SP.J.1231.2012.27704

## 克氏原螯虾雄性生殖系统的超微结构

黄文虎, 龚世园

(华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 采用透射电镜研究了克氏原螯虾输精管的超微结构, 采用石蜡切片法研究了克氏原螯虾的精巢、输精管和精荚的显微结构, 并对精巢做了周年变化研究。结果表明, 精巢由许多生精小囊和收集管组成, 其结构呈葡萄串状, 生殖细胞在生精小囊内发育成熟后由收集管输送到输精管; 输精管有左右两条, 相对于左侧输精管, 右侧输精管比其约长一半, 直径更大, 卷曲程度更高, 内容物含量更多, 分泌细胞内的内质网含量更丰富; 输精管根据形态不同分为前、中、后、生殖突4段, 前中段具有分泌精荚壁物质的功能, 后段具有储存、射出精荚的功能, 末端生殖突为输精管出口; 精荚呈长囊形或椭球形, 由精子团、精荚基质和两层精荚壁组成, 精子团偏向精荚一侧分布; 克氏原螯虾雄虾精巢在一周年中的5—8月和10月处于精子细胞期的生精小囊比例很高, 具有两个成熟时期。

**关键词:** 克氏原螯虾; 精巢; 输精管; 精荚; 组织学; 周年变化

**中图分类号:** Q 954.592; S 917.4

**文献标志码:** A

克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)俗称小龙虾、淡水小龙虾、红沼泽螯虾, 其分类上属于节肢动物门(Arthropoda)、甲壳纲(Crustacea)、十足目(Decapoda)、螯虾科(Cambari)、螯虾属(*Procambarus*), 原产于美国南部和墨西哥北部, 1929年被带入中国的南京地区<sup>[1]</sup>。目前, 小龙虾已经广布于除新疆和西藏以外的所有省份<sup>[2]</sup>。克氏原螯虾物美价廉, 深受国内外消费者的喜爱。近年野生克氏原螯虾资源因为过度捕捞而逐渐稀少, 同时又因为大规模人工养殖对苗种有旺盛的需求, 解决其人工繁殖已成为新的研究热点之一。关于克氏原螯虾的研究国内主要集中于繁殖生物学<sup>[3-4]</sup>、入侵生态学<sup>[5]</sup>、增养殖技术<sup>[6]</sup>、生理学<sup>[7]</sup>、病理学<sup>[8-9]</sup>等方面; 国外的研究则主要集中于毒理学<sup>[10-11]</sup>、神经学<sup>[12]</sup>、生态学<sup>[13]</sup>、行为学<sup>[14]</sup>等方面。虽然有一些关于克氏原螯虾繁殖的研究, 但这些研究主要关注的是雌性克氏原螯虾<sup>[15-16]</sup>, 针对雄性克氏原螯虾的研究非常少。本实验旨在用组织学的方法研究克氏原螯虾雄性生

殖系统的特点, 为克氏原螯虾的人工繁殖提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料取样

实验用克氏原螯虾采样时间从2010年8月开始持续至2011年7月, 每月11号和25号采样, 每次采样20尾, 样品虾购自武汉市尤李东村菜市场。采样选取鲜活、附肢完整、体质量从10 g到60 g不等的雄性克氏原螯虾, 将选取的雄虾放于冰盒中冰冻麻醉15 min。在0.75%生理盐水环境中迅速的解剖出完整的精巢、输精管, 拍照观察并做形态描述记录。做石蜡切片的样品用Bouin氏液固定12~24 h; 做透射电镜的样品只取左右输精管用4℃预冷了的2.5%戊二醛固定2 h。

#### 1.2 实验方法

**石蜡切片** 将固定好的样本按照精巢、前段、中段、狭部、后段和生殖突分开, 按照70%、80%、95%、100%、100%的酒精梯度做梯度脱水; 用

收稿日期: 2011-08-26 修回日期: 2011-12-20  
资助项目: 国家科技支撑计划(2007BAD37B01)  
通讯作者: 龚世园, E-mail: gsy@mail.hzau.edu.cn

体积比为 1:1 的酒精-二甲苯和二甲苯 I、二甲苯 II 给样品做透明; 然后石蜡包埋, Leica 切片机制片, 切片厚度为 6  $\mu\text{m}$ , 切片用 H.E 对比染色; 用 Nikon80i 科研级显微镜观察拍照。

**透射电镜超薄切片** 预固定好的样品用缓冲液冲洗数次, 再用 1% 锇酸再固定, 脱水, 环氧树脂包埋, 超薄切片机制片, 醋酸铀-柠檬酸铅双重染色, 日立 H800 型透射电镜观察拍照。

## 2 结果

### 2.1 雄性生殖系统解剖学

克氏原螯虾的精巢位于头胸甲内靠背部、围心腔之下、肝胰脏之上并紧贴围心腔。有 3 个精巢, 前面两个后面一个, 呈米白色, 三者通过精巢后端伸长的收集管互相结合, 每个精巢的前端有一条细管连接于围心腔隔膜。输精管有左右各一条, 由 33 个精巢后端收集管结合部两侧分别发出, 输精管贴附于胸腔几丁质骨板通过第五步足基节内侧的生殖突通向外部, 生殖突外围为锥形的透明结缔组织膜包裹。输精管从前至后由细变粗, 按照直径大小和卷曲程度可划分为前、中、后段输精管和末端生殖突 4 个部分(图版-1); 在中段与后段结合部输精管有一个狭部, 此处的直径小于中段也小于后段的直径。

解剖观察发现, 通常克氏原螯虾的右侧输精管与左侧输精管存在明显的差别, 右侧输精管内容物含量丰富, 通常能充满整个前、中段直至狭部, 内容物呈白色粘液状, 在后段常可见精荚; 左侧基本没有或只有很少量的内容物, 通常只存在于输精管前段一小段区域内, 内容物为半透明的白色, 后端很少见精荚, 左侧大部分段是透明的; 右侧输精管的直径要明显大于左侧输精管, 且左右输精管的长度明显不同, 测量发现通常右侧长度是左侧的 1.3~1.5 倍; 左右输精管在前中段都有一些螺旋卷曲, 但是通常右侧卷曲的数量要大大高于左侧(图版-2)。

### 2.2 雄性生殖系统组织学

**精巢组织学** 克氏原螯虾的精巢呈椭球形或长囊形, 切片结果显示精巢根据组织结构的不同, 可分为生精小囊部和收集管部, 精巢外部由一薄层的结缔组织膜包裹(图版-3)。生精小囊部由数目众多各自独立的生精小囊组成, 生精小囊形状不规则, 其外围由一层结缔组织膜包裹, 内部含

絮状胞间质和大量的生殖细胞(图版-4)。收集管由一薄层结缔基膜和矮柱状上皮细胞组成, 细胞排列较疏松, 胞质不明显, 胞核染为蓝色。每个生精小囊有一个用于输送成熟精子的细的初级收集管, 多个生精小囊的初级收集管连接于一个直径更大的次级收集管, 次级收集管则连接于内腔很大的中心三级收集管(图版-5); 这种收集管和生精小囊的构型如同葡萄串状, 最终使得所有的精子汇集于精巢内部的中心收集管, 再向下输送至外部的收集管后转运到输精管, 在收集管中的精子团外围没有分泌物。不同区域的生精小囊内的生殖细胞所处的减数分裂的时期各不相同, 切片观察显示, 精巢自上而下不同区域其精小囊内的生殖细胞所处的减数分裂阶段也基本是由前至后, 即不同的生精小囊之间存在发育的不同步性。同一个生精小囊内的生殖细胞所处时期的同一性较强, 但也常见发育不同步。

**生殖细胞减数分裂分期特征** 精原细胞 H.E 染色表现为细胞 I 核染为蓝色到蓝紫色, 贴核膜有点状核内物质聚集且均匀分布, 核内有核仁 1~3 个, 而以两个和一个多见; 胞质染为红色, 核、质界限明显; 细胞核直径 9~12  $\mu\text{m}$ 、精原细胞直径 12~16  $\mu\text{m}$ (图版-6)。

初级精母细胞比精原细胞大, 直径为 14~18  $\mu\text{m}$ 。前期的细胞, 较早阶段时核质界限明显、染色质成细长线状, 有交叉配对均匀的或疏松的分布于核膜周围(图版-7), 阶段往后时染色质缩短变粗聚集的更加紧密呈月牙形, 细胞膜逐渐解体, 核质界限不明显(图版-8); 中期特征为染色体密集排列于赤道板, 染色体带粗, 染色体间间隙较多, 在细胞两侧可见明显的纺锤丝纺锤体(图版-9); 后期特征为两套同源染色体被分别拉向细胞两侧并且开始解聚, 两套同源染色体之间的区域呈长空泡样, 原细胞膜分裂新的细胞膜部分形成(图版-9、图版-10); 末期特征为两套同源染色体完全分离, 并且解聚, 新的细胞膜已经基本形成且将要分离(图版-10)。

次级精母细胞比初级精母细胞小许多, 直径为 8~11  $\mu\text{m}$ 。前期特征为细胞核多呈长胶囊状, 两侧分布着浓的染为红色的胞质(图版-11); 中期特征为染色体排列于赤道板, 染色体带窄, 少见染色体间的间隙, 染色体间隙不如初级精母细胞减数分裂 I 中期时的明显, 可见明显的纺锤丝(图版-12);

后期特征为染色单体分离, H.E 染为深紫色, 细胞质呈环状, 细胞膜开始从中间凹陷裂开(图版-13); 末期新的细胞膜基本形成, 染色单体解聚, 将要形成的两个精细胞还粘在一起(图版-13)。

精子细胞很小, 直径为 4~6  $\mu\text{m}$ , 特征为未见明显的细胞质, 在发育为精子的不同阶段细胞核呈现从最初的圆形到最后的星形, 核深染为蓝色(图版-14、图版-15)。克氏原螯虾成熟精子比精子细胞略小, 直径为 4~5  $\mu\text{m}$ , 为无鞭毛精子, 切片观察显示, 成熟精子的核为四角螺旋星形, 并在核内中心可见一同心圆球形构造(图版-16)。

**输精管组织学** 输精管前段细而卷曲, 外部为薄的单层扁平上皮层, 往内依次是单层环肌层、单层纵肌层、基膜、柱状上皮细胞层; 横切显示, 输精管的肌肉层在某些区域有纵肌层增厚现象, 而此区域对应的柱状上皮细胞层数也往往较多; 管腔呈一三角状, 在三个角点处的柱状上皮细胞核较小, 细胞数量少; 三个边上的上皮细胞层数也各不相同, 上皮细胞之间的间隙较大(图版-17); 上皮细胞中可见分泌物颗粒, H.E 染色表现为红色且具有层次。

输精管中段较平直, 组成构造基本和前段相同, 但是中段的肌肉层比前段要略厚, 柱状上皮细胞层比前段密集且层数更多。在切片中也可见上皮细胞分泌物颗粒, 有的 H.E 表现为紫色, 有的为亮红色颗粒且具有层次, 中段管腔近似为三角形(图版-18)。

输精管狭部是中段和后段之间的交界, 上皮细胞层向管腔内突入, 肌肉层在此处环形增厚, 显著特征是管腔直径明显变小, 小于中段和后段的管腔直径(图版-19)。狭部的这种内凸构造用于截断中段到来的精子团分泌物结合体以形成精荚。

输精管后端较平直, 膨大, 结构基本同前, 直径相对前中段显著变大, 后段的肌肉层的厚度极其增大, 且在后段的环纵肌是交叉分布; 内壁上皮层并无明显增厚, 细胞紧挨着排列未见分泌物; 在柱状上皮细胞表面有稀疏的纤丝状衍生物(图版-20); 输精管末段生殖突, 外层为较厚的结缔组织包膜, 内层有柱状细胞围绕形成的管状体, 在生殖突顶部分布着肌肉束, 这两种结构包围着生殖突侧面的出口, 内壁结构为假复层扁平细胞层(图版-21)。

输精管透射电镜超微结构比较发现, 左输精管的内壁上皮细胞内的内质网的含量较少, 分布较松散且形态较简单(图版-25); 右侧输精管内壁上皮细胞内的内质网含量很高, 分布广泛且形态复杂密集(图版-26)。

**精荚结构** 在右侧输精管前中段常可见精子团及其外包裹了三层分泌物, 此种精子团分泌物结合体为精荚前身: 分泌物的最外层最薄, 包裹住其内面的两层和整个精子团, 结构致密均匀, H.E 染色为紫色; 中间层稍薄, 结构为颗粒球状堆叠, 颗粒大小不一, H.E 染色为红色且透光性强, 这一层包裹住了精子团和内部第三层的约 2/3 的区域, 约成三角形, 此层对应着分泌上皮细胞层数较多的管壁区域; 最里层染色表现浅紫色, 这一层包裹住了整个精子团, 这一层与中间层的结合区域厚, 而与最外层结合的区域则薄, 该层呈絮状较疏松; 在输精管后端, 可见精荚, 精荚呈长囊形或颗粒椭圆形, 精子团位于精荚的一侧, 另一侧主要为输精管分泌物即精荚基质, 精荚基质有三层, 由外到内 H.E 染色依次为紫色、亮红色、浅紫色(图版-22); 在输精管的后端可见同一横切面上并列有 2 枚和 3 枚精荚的现象; 而在左侧的输精管前中段有时可见输精管分泌物(图版-23), 但是不常见含有精子团, 也很少见后段有精荚。

### 2.3 雄性生殖系统周年变化情况

8 月份, 雄性克氏原螯虾在 30 g 以下的, 精巢以初级精母细胞期囊为主, 含有较多的精原细胞期囊, 收集管中的精子含量不多; 35 g 以上的, 以精子细胞期囊为主, 精原细胞期囊含量很少, 收集管中含有大量精子。9 月份, 精巢以精原细胞期囊为主, 其它各期比例接近, 收集管中的精子含量不多。10 月份, 精巢以精子细胞期囊为主, 含有一定量的次级精母细胞期囊, 收集管中含有大量的精子。11 月到翌年 3 月份, 精巢以初级精母细胞期囊为主, 并且含有大量的精原细胞期囊, 同时精巢中含有很少量的精子细胞期囊和已经排空了的生精小囊, 精巢收集管中含有较大量的精子, 且在 3 月份的雄虾输精管中可多见精荚。4 月份, 精巢以初级精母细胞期囊为主, 含有较大量的次级精母细胞期囊, 收集管中可见大量精子, 输精管中精荚常可见。5 月份, 精巢以精原细胞期囊和精子细胞期囊为主, 收集管中含有大量的精子, 输

精管中普遍含有精荚。6 月份, 19 g 以下的雄虾精巢以初级精母细胞期囊和精子细胞期囊为主, 收集管中含有大量精子, 输精管中可见精荚; 19 g 以上的, 以精子细胞期囊为主, 含有较多的初级精母细胞期囊, 收集管中含有大量精子, 输精管中普遍可见精荚。7 月份, 以初级精母细胞期囊和精子细胞期囊为主, 收集管中含有大量精子, 输精管中常含有精荚。

### 3 讨论

#### 3.1 输精管的组织学与形态学

本研究结果显示, 克氏原螯虾的输精管具有分泌精荚壁物质、形成精荚与储存精荚的功能。该研究结果与其它十足类<sup>[17-18]</sup>的相关报道一致。但关于输精管差异性的研究未见报道。Bugnot 等<sup>[19]</sup>的研究显示, 在秋天和冬天采取的样本中有约 1/5 的红螯螯虾的一侧输精管后段有褐化现象, 其组织学上的表现为组织区糜散病变, 而在夏天则没有这种现象, 推测这种现象为一种与温度有关的生殖系统综合症。本研究中的克氏原螯虾左右输精管虽然也具有差异性, 但是表现为长度、直径、内容物、卷曲数等形态学特征上的差异明显, 组织学上的结构并无显著差异, 属于非病变性差异, 这点不同于前述报道。右侧输精管内壁上皮细胞内的内质网量明显多于左侧输精管, 显示了右侧的细胞分泌活动大大强于左侧, 组织学切片的观察结果同样表明, 在功能上右侧输精管显著强于左侧, 在右侧前中段基本都可见精子团和大量层次分明的分泌物、后段常可见精荚而左侧前中段只有少量不具有明显层次的上皮细胞分泌物、鲜见精子团和精荚, 在部分虾的左侧生殖突内还可见一栓塞样构造(图版-24), 这种现象在国内外相关研究中鲜有报道。邱高峰等<sup>[20]</sup>在研究克氏原螯虾的交配行为时发现, 在雌雄虾交配时所有雄性都具有将右侧第五步足横跨于身体左侧的行为, 这种行为在螯虾科中并不多见。本研究推测克氏原螯虾交配行为上的这个特点可能与本实验结果存在一定的相关性, 但原因需要进一步深入研究。

#### 3.2 精巢的结构功能及周年变化

本研究中克氏原螯虾的精巢是由生精小囊和收集管组成, 与堵南山等<sup>[21]</sup>报道的中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)、刘慧玲等<sup>[22]</sup>报道的波纹龙虾

(*Panulirus homarus*)精巢由生精小管组成并不相同, 而本研究中克氏原螯虾的生精小囊是产生生殖细胞的场所且不同生精小囊的发育具有不同步性, 这点与上述报道中生精小管具有产生生殖细胞的功能且不同段的生精小管内生殖上皮细胞具有发育不同步性的特征相似; 这种组成结构与樊玉杰等<sup>[23]</sup>报道的红螯螯虾(*Cherax quadricarinatus*)精巢组成结构相似, 但是, 本研究中克氏原螯虾的收集管管壁虽然也有上皮细胞但是其并非为原始生殖细胞, 收集管的主要功能是用于收集成熟的精子, 且克氏原螯虾的精小囊内部构造基本主要就是生殖细胞, 这两点与该报道中的红螯螯虾的收集管管壁由原始生殖细胞组成、生精小囊由单层扁平上皮细胞构成的特点并不相同。本研究显示, 克氏原螯虾的精子是在生精小囊中成熟的, 收集管中的成熟精子有四角星形等特征, 该结果与 Montrose 等<sup>[24]</sup>的报道基本相同。

本研究中克氏原螯虾的雄性精巢的发育具有一定的周年变化特征, 克氏原螯虾的精巢在精子的生成过程中没有停滞时期, 减数分裂一直在持续; 精巢的收集管在不同的月份都含有精子, 但是量的大小不尽相同; 同时在周年的变化中, 精巢中精子细胞期囊的比例较高的时间段有两次, 第一次时间较长从 5 月份开始持续到 8 月份, 第二次的时间为 10 月份持续的时间较短, 但是精子细胞期囊的比例较前一次的更高, 显示克氏原螯虾雄虾在全年中的 5 月到 10 月份均具有繁殖能力。目前, 不同学者在关于克氏原螯虾的繁殖产卵高峰的时期的问题上多有争议未有定论, 江河等<sup>[25]</sup>认为 5—6 月为克氏原螯虾的交配产卵高峰期, 许星鸿<sup>[26]</sup>认为 7—8 月是其繁殖高峰, 董卫军等<sup>[27]</sup>认为有 5 月份前后和 9—10 月份这两个高峰且以后一个为主, 本研究中的克氏原螯虾雄虾具有长的繁殖期的结果给上述学术争议提供了一个可供参考的解释和印证, 同时表明, 生产中一年内试图对克氏原螯虾进行两次人工繁殖的做法在理论上具有可行性。

#### 3.3 精荚结构

十足目甲克动物精荚主要由精荚壁、精荚基质及精子团组成, 主要有具柄型、管型、椭球形或球形 3 种形态<sup>[28]</sup>。克氏原螯虾的精荚介于管型和椭球形之间, 由两层精荚壁、精荚基质及精子团组成。

第一层精荚壁和里面的精荚基质都是完全包裹精子团,第二层的精荚壁只包裹精子团的2/3的区域,这种结构使精子团偏向于精荚的一侧从而致使精荚有一个壁薄区,而且精子团里面基本只有精子没有其它物质,这种结构不同于日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)<sup>[18]</sup>、红螯螯虾<sup>[29]</sup>,可能和精荚的破裂以使卵子受精有关系。

#### 参考文献:

- [1] 魏青山. 武汉地区克氏原螯虾的生物学研究[J]. 华中农业大学学报, 1985, 4(1): 16-24.
- [2] 王卫民. 软壳克氏原螯虾在我国开发利用的前景[J]. 水生生物学报, 1999, 23(4): 375-381.
- [3] 董卫军, 李铭, 徐加元, 等. 克氏原螯虾繁殖生物学的研究[J]. 水利渔业, 2007, 27(6): 27-28.
- [4] 龚世园, 吕建林, 孙瑞杰, 等. 克氏原螯虾繁殖生物学研究[J]. 淡水渔业, 2008, 38(6): 23-25.
- [5] 江舒, 庞璐, 黄成. 外来种克氏原螯虾的危害及其防治[J]. 生物学通报, 2007, 42(5): 15-16.
- [6] 舒新亚, 龚璐军, 陶忠虎, 等. 人工诱导克氏原螯虾同步产卵实验[J]. 淡水渔业, 2006, 36(5): 45-47.
- [7] 赵维信, 李胜. 克氏原螯虾大颚器的超微结构研究[J]. 水产学报, 1998, 22(4): 303-308.
- [8] 陆剑锋, 万全, 吴旭干, 等. 克氏原螯虾血细胞及免疫功能的初步研究[J]. 水产学报, 2009, 33(6): 1018-1025.
- [9] 陈昌福, 田甜, 贺中华, 等. 盐酸土霉素对人工致病克氏原螯虾的治疗效果研究[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(5): 600-603.
- [10] Gary C B, McClain W R, Lanka S K, et al. Acute toxicity of chlorantraniliprole to non-target crayfish (*Procambarus clarkii*) associated with rice-crayfish cropping systems [J]. Pest Management Science, 2010, 66: 996-1001.
- [11] Rachakonda S, Rachakonda N, Milton F. Naphthalene-induced atresia in the ovary of the crayfish, *Procambarus clarkii* [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 1995, 31: 76-83.
- [12] Fanjul-Moles M L, Escamilla-Chimal E G, Gloria-Soria A, et al. The crayfish *Procambarus clarkii* CRY shows daily and circadian variation [J]. Journal of Experimental Biology, 2004, 207: 1453-1460.
- [13] Laura A, Francesca G. The use of sex pheromones for the control of invasive populations of the crayfish *Procambarus clarkii*: a field study [J]. Hydrobiologia, 2010, 649: 249-254.
- [14] Pavel K, José M G, José C, et al. Light preferences of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) [J]. Hydrobiologia, 2009, 636: 499-503.
- [15] 徐加元, 岳彩锋, 戴颖, 等. 水温、光周期和饲料对克氏原螯虾雌虾成活率和性腺发育的影响[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2008, 42(1): 97-101.
- [16] 夏爱军, 庞璐, 严维辉, 等. 雌性克氏原螯虾性腺发育及相关系数的周年动态研究 [J]. 淡水渔业, 2008, 38(4): 12-15.
- [17] 王群, 赵晓勤, 赵云龙, 等. 刀额新对虾输精管的组织学及精荚形成 [J]. 中国水产科学, 2002, 9(2): 110-113.
- [18] 邱高峰, 堵南山, 赖伟. 日本沼虾雄性生殖系统的研究: III 输精管内精荚的结构与形成 [J]. 动物学报, 1997, 43(1): 68-73.
- [19] Bugnot A B, López Greco L S. Structural alterations in the male reproductive system of the freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae) [J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2009, 102: 160-166.
- [20] 邱高峰, 堵南山, 赖伟. 克氏原螯虾交配行为的研究 [J]. 上海水产大学学报, 1995, 4(1): 39-44.
- [21] 堵南山, 薛鲁征, 赖伟. 中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 雄性生殖系统的组织学研究 [J]. 动物学报, 1988, 34(4): 329-333.
- [22] 刘慧玲, 李长玲, 黄翔鹄. 波纹龙虾雄性生殖系统的解剖学与组织学研究 [J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(3): 1-5.
- [23] 樊玉杰, 曾错, 赵云龙, 等. 红螯螯虾 (*Cherax quadricarinatus*) 生殖系统的组织学研究 [J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2004(增刊): 42-47.
- [24] Montrose J. Spermiogenesis in the crayfish (*Procambarus clarkii*) [J]. Journal of Biophysical and Biochemical Cytology, 1961, 10: 301-333.
- [25] 江河, 汪留全. 克氏原螯虾的生物学特性 [J]. 现代农业科技, 2002, (8): 29-30.
- [26] 许星鸿. 克氏原螯虾的生物学特性及人工养殖技术 [J]. 中国水产, 2001, (11): 38-39.
- [27] 董卫军, 李铭, 徐加元, 等. 克氏原螯虾繁殖生物学的研究 [J]. 水利渔业, 2007, 27(6): 27-28.
- [28] 王群, 赵云龙, 黄渤, 等. 甲壳动物十足类精荚研究概况 [J]. 海洋科学, 2000, 24(3): 22-25.
- [29] 丁银娣, 贾林芝, 马强, 等. 红螯螯虾输精管的结构及精荚的形成 [J]. 水产学报, 2009, 33(1): 78-86.

## Histological studies on the male reproductive system of *Procambarus clarkii*

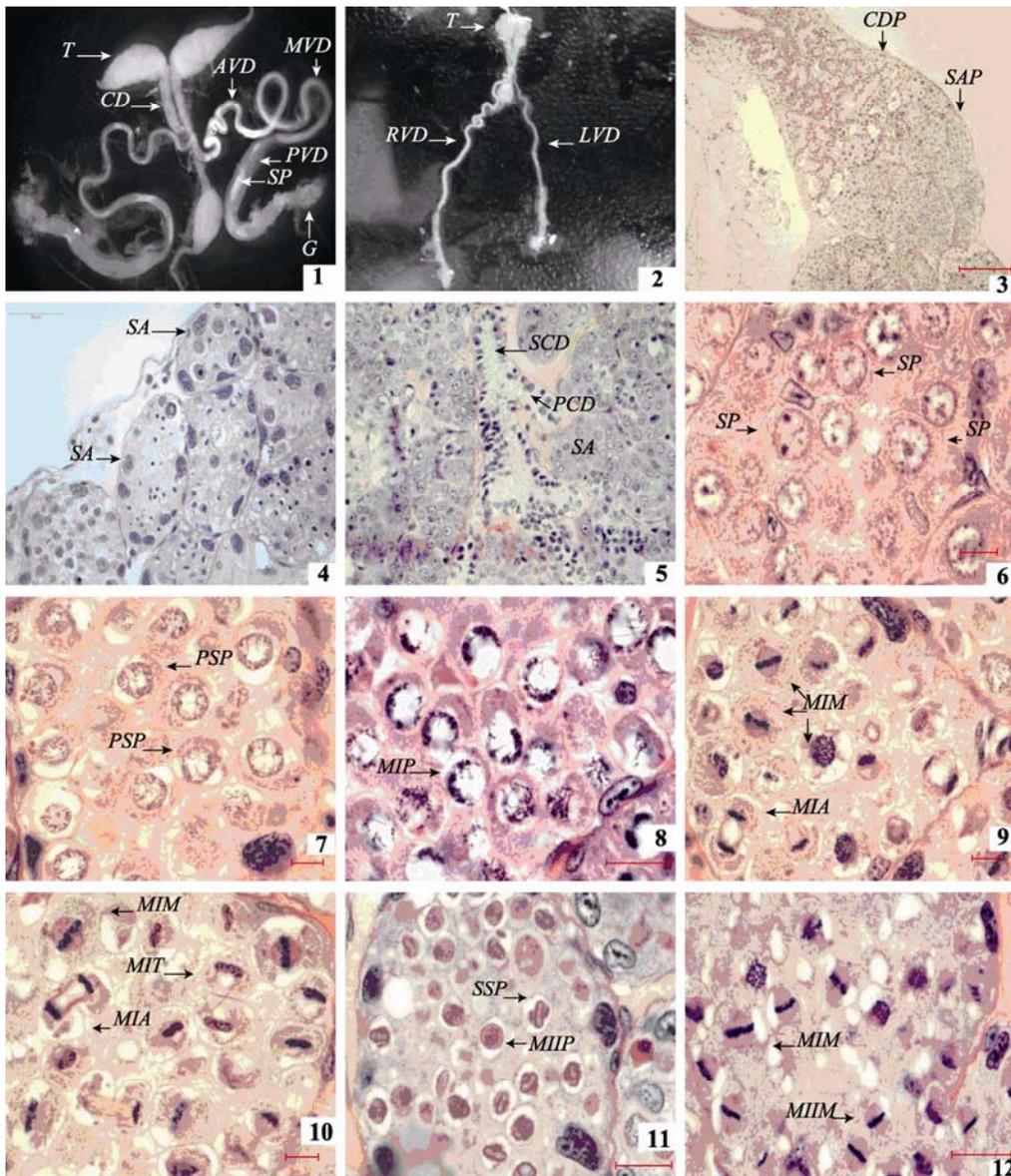
HUANG Wen-hu, GONG Shi-yuan\*

(College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** There are scarce researches about the male reproductive system of *Procambarus clarkii*. This study aims to get some features of the male reproductive system of *P.clarkii*. The ultrastructure of the vas deferens was studied by using transmission electron microscopy, the microstructure of testis, vas deferens and spermatophore of *P.clarkii* was studied by using paraffin method, and the annual variation of the testis was investigated. Testis comprised many spermatogenic acini and collecting ducts whose structure is like grapes; The germ cells in the spermatogenic acini are transported to the vas deferens by through the collecting duct after matured; *P.clarkii* has a right and a left vas deferens, the right vas deferens was half longer than the left, the right vas deferens has a larger diameter, its curling degree and inclusion content are materially higher than the left, and secretory cells of the right vas deferens have more abundant endoplasmic reticulum. The vas deferens can divide into anterior, middle, posterior sections and a male gonopores according to the difference of its morphous. Anterior and middle vas deferens can secrete materials for the formation of the spermatophore. The posterior section can store and ejaculate spermatophore. Male gonopores are the outcome of the vas deferens. The shape of spermatophore is elongated capsule or ellipsoidal. The spermatophore is composed of sperm mass, spermatophore matrix and two layers of spermatophore wall, sperm mass is in one side of the spermatophore. Male *P.clarkii* has two maturity periods that the most part of spermatogenic acini in the testis are at spermatid stage in its annual variation, and one is from May to August and the other is in October.

**Key words:** *Procambarus clarkii*; testis; vas deferens; spermatophore; histology; annual variation

**Corresponding author:** GONG Shi-yuan. E-mail: gsy@mail.hzau.edu.cn

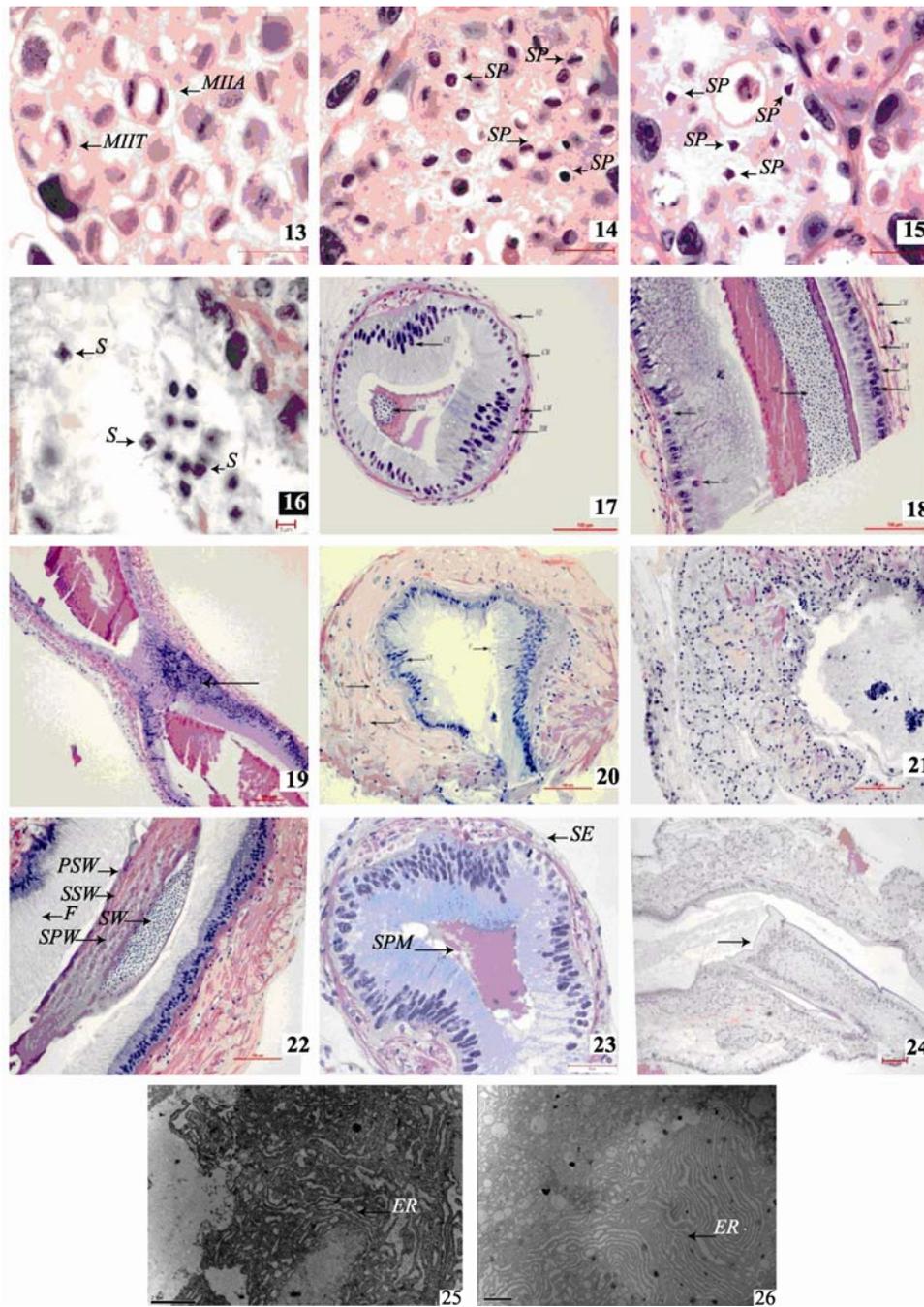


### 图版

1. 雄性生殖系统(T 精巢; CD 收集管; AVD 前输精管; MVD 中输精管; PVD 后输精管; SP 精英; G 生殖突); 2. LVD 左输精管和 RVD 右输精管; 3. CDP 收集管部和 SAP 生精小囊部; 4. SA 生精小囊; 5. PCD 初级和 SCD 次级收集管; 6. 精原细胞; 7. PSP 初级精母细胞; 8. M I P 减分 I 前期; 9. M I M 减分 I 中期和 M I A 减分 I 后期; 10. M I A 减分 I 后期和 M I T 减分 I 末期; 11. SSP 次级精母细胞、M I I P 减分 II 前期; 12. M I I M 减分 II 中期。

### Plate

Male reproductive system (T: testis; CD: collecting duct; AVD: anterior vas deferens; MVD: middle vas deferens; PVD: posterior vas deferens; SP: spermatophore; G: gonopores); 2. LVD left vas deferens and RVD right vas deferens; 3. CDP collecting duct portion and SAP spermatogenic acini portion; 4. SA spermatogenic acini; 5. PCD primary collecting duct and SCD secondary collecting duct; 6. spermatogonium; 7. PSP primary spermatocyte; 8. M I P meiosis I prophase; 9. M I M meiosis I metaphase and M I A meiosis I anaphase; 10. M I A meiosis I anaphase and M I T meiosis I telophase; 11. SSP secondary spermatocyte, M I I P meiosis II prophase; 12. M I I M meiosis II metaphase.



### 图版

13. M II A 减分 II 后期和 M II T 减分 II 末期; 14. SP 早期精子细胞; 15. SP 晚期精子细胞; 16. S 精子; 17. 右输精管前段横切(SE 扁平上皮; CM 环肌; LM 纵肌; BM 基膜; CE 柱状上皮); 18. 右输精管中段纵切(SG 分泌物颗粒; SM 精子团); 19. 右输精管狭部; 20. 右输精管后段横切(F 纤丝); 21. 右生殖突横切; 22. 精荚结构纵切(PSW 初级精荚壁; SSW 次级精荚壁; SPM 精荚基质); 23. 左输精管中段横切(SE 扁平上皮; SPM 精荚基质); 24. 左侧生殖突内塞状结构; 25. 左侧输精管透射电镜图(ER 内质网); 26. 右侧输精管透射电镜图(ER 内质网)。

### Plate

13. M II A meiosis II anaphase and M II T meiosis II telophase; 14. SP early spermatocyte; 15. SP spermatocyte of advanced stage; 16. S sperm; 17. Transection of anterior right-vas deferens(SE squamous epithelium; CM circular muscle; LM longitudinal muscle; BM basement membrane; CE columnar epithelium); 18. Longitudinal section of middle right-vas deferens(SG secretion granules; SM sperm mass); 19. The narrow segmental of right vas deferens; 20. Transection of posterior right-vas deferens(F fibril); 21. Transection of right gonopores; 22. Longitudinal section of spermatophore(PSW primary spermatophore wall; SSW secondary spermatophore wall; SPM spermatophore matrix); 23. Transection of middle left-vas deferens(SE squamous epithelium; SPM spermatophore matrix); 24. Pulg in the left gonopores; 25. Left vas deferens photographed with transmission electron microscopy(ER endoplasmic reticulum); 26. Right vas deferens photographed with transmission electron microscopy(ER endoplasmic reticulum).