

雄性中华乌塘鳢贮精囊的结构与功能^{*}

张其永^{1**} 洪万树¹ 陈仕玺¹ 马细兰¹ 倪子绵²

1. 厦门大学海洋学系, 厦门 361005

2. 厦门大学电镜室, 厦门 361005

摘要 应用组织学、透射电镜及酶联免疫吸附分析法研究了雄性中华乌塘鳢贮精囊的形态结构, 并探讨其功能。结果表明, 贮精囊是一对精巢的附属腺体, 结缔组织隔膜将贮精囊分隔成为许多小室腔。被膜和隔膜中含有平滑肌纤维、毛细血管、成纤维和纤维细胞以及间质细胞。隔膜上排列单层上皮细胞, 呈柱形、立方形或扁平形, 生殖季节粗面内质网、管状嵴线粒体和高尔基复合体发达, 上皮细胞顶部聚集许多无膜包裹的分泌颗粒, 分泌后细胞器退化, 胞质中出现大量的大空泡。成纤维细胞具有合成分泌胶原蛋白的结构特征。贮精囊中的间质细胞与精巢中的 Leydig 型间质细胞形态特征相似。在生殖高峰期不论贮精囊的近端、中央或远端均先后贮存大量的精子, 混合在分泌物中, 贮精囊不同小室的上皮细胞发育并不同步。精液加贮精囊液的实验表明, 贮精囊液有助于增强精子活率和延长精子寿命, 并能促进受精率的提高。贮精囊纤维丝状分泌物呈深紫红色的 PAS 阳性反应, 提示分泌物为粘多糖蛋白, 贮精囊液含有 17 羟孕酮、PGE₂ 和 PGF₂, 能体外诱发雌亲鱼产卵, 具有性外激素的重要作用 [动物学报 50 (2): 269-278, 2004]。

关键词 中华乌塘鳢 贮精囊 形态结构 超微结构 功能

Structure and function of the seminal vesicle in male *Bostrichthys sinensis*^{*}

ZHANG Qi-Yong^{1**}, HONG Wan-Shu¹, CHEN Shi-Xi¹, MA Xi-Lan¹, NI Zi-Mian²

1. Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China

2. Electron Microscope Laboratory, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China

Abstract The morphological structure and function of the seminal vesicles in male *Bostrichthys sinensis* were studied by means of histology, transmission electron microscope and Enzyme-linked Immunosorbent assay. The results showed that the seminal vesicles, enclosed by capsula, were a pair of accessory glands to the testes. The seminal vesicle was divided into many locule lumina by the connective tissue partition. Both capsula and partition consisted of smooth muscle fibers, blood capillaries, fibroblasts, fibrocytes and interstitial cells. Single epithelial cells, which were columnar, cuboidal or squamous in shape, were arranged along the partition. During the spawning season, rough endoplasmic reticulum, tubular cristae mitochondria and Golgi complex were well developed; many secretory granules without membranes accumulated to the apical portion of the epithelial cell. The cell organelles degenerated and large vacuoles appeared after the secretory granules were released. The sphincter muscles were not found from the outlet of the seminal vesicles to the sperm ducts. Fibroblasts were characterized by synthesizing and secreting collagen. The morphology of interstitial cells in the seminal vesicle was similar to that of Leydig cells in the testes. At the peak period of spawning, a large number of spermatozoa, which were mixed with the secretion, appeared in proximal, middle and distal parts of the seminal vesicles. The epithelial cells inside the different locules of the seminal vesicle developed asynchronously. The results showed that sperm added to the seminal vesicle fluid could increase sperm motility, prolong sperm longevity, and improve the fertilization rates of spermatozoa. Fiber-like secretion of the seminal vesicles showed PAS positive reaction in dark purple-red colour, suggesting that the secretion should be mucopolysaccharide-mucin. The seminal vesicle fluid contained 17 OH-P, PGE₂ and PGF₂ which could induce female broodfish to spawn, indicating this fluid functions as a sex pheromone [Acta Zoologica Sinica 50 (2): 269-278, 2004].

Key words Chinese black sleeper, *Bostrichthys sinensis*, Seminal vesicle, Morphological structure, Ultrastructure, Function

2003-09-10 收稿, 2004-02-10 接受

^{*} 国家自然科学基金项目 (No. 30170739 和 No. 40276040) [This research was funded by grants from National Natural Science Foundation of China (No. 30170739 and No. 40276040)]

^{**} 通讯作者 (Corresponding author).

© 2004 动物学报 Acta Zoologica Sinica

硬骨鱼类中已知胡鲇科 (Claridae)、鰕虎鱼科 (Gobiidae)、鲇科 (Blennidae)、鲉科 (Bagridae)、三鳍鲇科 (Tripterygiidae) 和蟾鱼科 (Batrachoididae) 等的有些种类具有一对精巢的附属腺体, 称之为贮精囊 (Seminal vesicle)。国外对胡鲇科、鰕虎鱼科和鲇科鱼类的贮精囊有所研究 (Sundararaj, 1958; Rastogi, 1969; Fishelson, 1991; Fishelson et al., 1994; Lahnsteiner et al., 1992; Scaggiante et al., 1999), 但国内迄今未见硬骨鱼类贮精囊研究报道。中华乌塘鳢 (*Bostrichthys sinensis*) 是我国东南沿海优良养殖的洞穴栖息鱼类, 雄性生殖系统中有一对贮精囊, 其形态结构与功能尚不了解。为此, 我们对雄性中华乌塘鳢贮精囊进行了研究。

1 材料和方法

雄性中华乌塘鳢体长 12.6 - 25.0 cm, 体重 44.7 - 239.3 g, 野生鱼采自九龙江口滩涂, 养殖鱼取自福建省东山县养殖场, 按性腺发育期周年取样 43 尾。生物学测定后剖取贮精囊固定于 Bouin 液, 石蜡包埋, 切片厚 6 μm , HE 染色。有些贮精囊切片做了 PAS 反应检测。Olympus DX51 显微镜下观察和数码摄影。另以 2.5% 戊二醛和 1% 锇酸双重固定贮精囊和精巢组织小块, 环氧树脂包埋, 切片后醋酸铀和柠檬酸铅双重染色, JEM-100CX 透射电镜观察和摄影。

应用美国 Cayman 化学公司所生产的酶联免疫吸附分析试剂盒测定贮精囊液前列腺素 PGE_2 和 PGF_2 含量。应用生物素-亲和素系统酶联免疫分析法测定 17-羟孕酮的含量, 试剂盒为美国 Diagnostic Systems Laboratories 产品。酶标仪为美国产 BIO-RAD550。实验数据均以平均值 \pm 标准差 ($n=6$) 表示。经方差分析, 检验各项样品之间 17-OH-P、 PGE_2 和 PGF_2 含量平均值的差异显著性 t 值, 当 $P < 0.05$ 时, 认为差异性显著, $P < 0.01$ 时为极显著差异。

用滴管吸取贮精囊液。从精巢取少许精液于血球计数板上。实验时精液加贮精囊液或不加贮精囊液, 然后滴上海水作为激活液, 置于 Olympus 显微镜下同时观察对比。精子活率为每方格视野中被激活精子的数量占全部精子数量的百分比。精子寿命从开始激活到 95% 死亡所经历的时间。野生鱼和养殖鱼精子活率和精子寿命的对比实验各进行 4 次, 每次实验 (精液加贮精囊液或不加贮精囊液)

的水温和盐度条件均相同。

2 结果

2.1 雄性中华乌塘鳢贮精囊形态结构

雄性中华乌塘鳢贮精囊是一对精巢的附属腺体, 从精巢后区发育的贮精囊近端基部与精巢伸出的输精管相连接, 通过左右输精管与膀胱会合后形成尿殖管, 然后开口于尿殖乳突。贮精囊呈片状结构, 无色半透明, 其形状大小随季节而变化, 生殖季节左叶贮精囊长 5 - 12 mm, 宽 4 - 7 mm, 右叶长 4 - 13 mm, 宽 5 - 9.5 mm (图 1; 图版 : 1)。

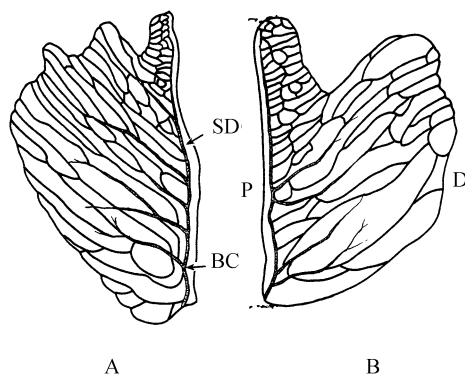


图 1 雄性中华乌塘鳢贮精囊

A. 右叶。B. 左叶。P: 近端。D: 远端。SD: 输精管。BC: 毛细血管。

Fig. 1 The seminal vesicles of the male *Bostrichthys sinensis*

A. Right lobe. B. Left lobe. P: Proximal part. D: Distal part. SD: Sperm duct. BC: Blood capillary.

贮精囊外包结缔组织被膜, 并向内伸出结缔组织隔膜, 将贮精囊分隔成为许多小室腔 (图版 : 2)。被膜和隔膜中含有平滑肌纤维、毛细血管、成纤维细胞和纤维细胞以及间质细胞。平行排列的平滑肌纤维, 其胞核呈长椭圆形 (图版 : 3)。贮精囊横切面有小室 14 - 29 个, 小室腔大小不一, 腔长 71.0 - 1 773 μm , 宽 42.6 - 312.4 μm 。纵切面中的小室 10 - 17 个, 腔长 390.1 - 2 482.2 μm , 宽 106.4 - 531.9 μm (图版 : 12, 13)。

结缔组织隔膜上排列着单层的上皮细胞, 呈柱形、立方形或扁平形。柱形上皮细胞高 18.6 - 22.6 μm , 宽 4.0 - 5.3 μm , 胞核椭圆形, 多位于上皮细胞的基底部, 胞核长径 5.5 - 6.9 μm , 短径 3.7 - 4.7 μm 。立方形上皮细胞高 8.3 - 10.6 μm , 宽 8.0 - 9.3 μm , 胞核圆形或椭圆形, 位于上皮细胞的中央, 胞核直径 4.0 - 4.1 μm 。扁平形上皮细

胞排列较稀疏,高 4.0 - 4.7 μm ,宽 8.0 - 9.2 μm ,胞核椭圆形,核长径 5.6 - 6.5 μm ,短径 2.1 - 2.7 μm (图版 : 4, 5, 6)。

电镜显示生殖季节贮精囊上皮细胞有密集平行排列的粗面内质网,管状嵴线粒体广泛分布于粗面内质网池之间。发达的高尔基复合体位于胞核的上方,伸展到 1.2 μm ,形成 4 - 8 个小池,而且还有高尔基区 (图版 : 14, 15)。在上皮细胞顶部聚集许多无膜包裹的分泌颗粒,一种是电子致密的分泌颗粒,另一种是点状的分泌颗粒 (图版 : 16)。小室腔内可见经胞吐而释放的分泌物以及脱落的上皮细胞胞质 (图版 : 17)。排精后老化上皮细胞的细胞器退化,完整的线粒体很少,只有剩余的内质网,具有透光的大空泡,有的内含物中形成髓样小体。随着上皮细胞进一步退化,细胞器坏死,线粒体更加稀少,高尔基复合体已不存在,胞质中出现大量的空泡,胞质和核质的电子密度增加 (图版 : 18)。恢复期后,贮精囊新生上皮不断地有丝分裂为单层的上皮细胞。生殖期前,胞质中线粒体增加,粗面内质网和高尔基复合体逐渐发达。生殖季节时,贮精囊小室腔内又先后出现分泌物和精子。中华乌塘鳢贮精囊的形态结构具有明显的生殖周期年变化。

2.2 雄性中华乌塘鳢贮精囊的形态变化

生殖季节贮精囊上皮细胞顶端有小泡状分泌物 (图版 : 5),小室腔内出现纤维丝状分泌物,呈深紫红色的 PAS 阳性反应 (图版 : 8),提示分泌物为粘多糖蛋白。生殖高峰期,贮精囊小室腔充满精子和分泌物 (图版 : 8)。活体实验观察,贮精囊液无色半透明,精子群被包围在粘稠纤维丝状的贮精囊液中,精子均处于静止状态 (图版 : 9)。

分泌过程中贮精囊上皮细胞形态变化明显。恢复期无分泌活动,贮精囊上皮细胞呈立方形,小室腔和输精管腔较窄。生殖期前精巢开始生精活跃,贮精囊上皮细胞从立方形到柱形,小室腔逐渐增宽,结缔组织被膜和隔膜厚度分别为 18.6 - 42.6 μm 和 6.7 - 17.3 μm ,贮精囊血液供应逐渐增加。生殖季节精巢成熟,贮精囊膨胀,部分隔膜破裂,使相邻小室腔内的分泌物混合。被膜和隔膜变薄,其厚度分别为 6.7 - 26.6 μm 和 2.0 - 8.0 μm 。上皮细胞从柱形到立方形,分泌物从细胞顶端释放,逐渐充满小室腔。精子从精巢经输精管进入贮精囊的小室腔内,精子和分泌物混合贮存于贮精囊内。

分泌活动高峰时,贮精囊上皮细胞排列稀疏,从立方形变成扁平形,贮精囊近端基部连结的输精管腔增大,直径 62.6 - 81.8 μm ,输精管排列着单层的分泌上皮细胞,也参与精液的形成。输精管壁含有平滑肌纤维、成纤维细胞和毛细血管 (图版 : 10)。贮精囊各小室腔的上皮细胞分泌活动并不同步,靠近输精管近端的小室腔和中央小室腔先排空,远端的小室腔和周边小室腔后排空。排精后贮精囊萎缩,上皮细胞空泡化,而后细胞死亡脱落。被膜稍增厚 (13.3 - 26.6 μm),隔膜多裸露,其厚度为 1.6 - 5.3 μm 。

雄性中华乌塘鳢贮精囊与精巢的季节变化紧密相关,生殖季节精巢和贮精囊增大,排精后逐渐退化萎缩。性腺体重指数 (GSI) 的季节变化与贮精囊体重指数 (SVSI) 的季节变化相一致,从恢复期到生殖期逐渐增大,排精后变小。中华乌塘鳢精巢的精细管由许多精小囊组成,生殖季节不同精小囊内的精细胞发育先后不一致,但是同一精小囊的所有精细胞都处于同一发育阶段。本文研究发现,雄性中华乌塘鳢在生殖高峰期,贮精囊不同小室的上皮细胞发育并不同步,靠近输精管近端和中央的小室,其上皮细胞扁平稀疏,远端和周边小室的上皮细胞则呈柱形或立方形。不同小室的上皮细胞分泌活动先后不一致,但是同一小室的上皮细胞则处于相同的分泌活动阶段。

分布于贮精囊被膜和隔膜中的成纤维细胞呈梭形,多突起,胞核长椭圆形,其长径 3.3 - 8.1 μm ,核仁 1 个。胞质内富含粗面内质网、游离核糖体和高尔基复合体,具有合成和分泌胶原蛋白的结构特征。胶原蛋白聚合成为可见的胶原原纤维,然后聚合为胶原纤维,沿其长轴具有等间隔的横纹结构 (图版 : 19, 20)。成纤维细胞在合成分泌胶原蛋白后呈静止状态,并转变为纤维细胞,体积变小,呈长梭形,胞核长径 6.9 - 11.4 μm 。纤维细胞电子密度增加,胞质和细胞器减少,粗面内质网、线粒体和高尔基复合体均不发达 (图版 : 21)。

间质细胞单个或成群分布于贮精囊小室间的结缔组织被膜和隔膜以及输精管周围结缔组织中 (图版 : 11)。细胞较大,形状不一,胞核常有凹陷和突起,其长径 5.3 - 9.3 μm ,短径 2.7 - 3.1 μm ,核仁明显,异染色质呈团块状,染色质浓缩附着在胞核内周 (图版 : 22)。贮精囊的间质细胞具有产生性类固醇细胞的特征,胞质内有丰富的

滑面内质网和管状嵴线粒体，还有发达的高尔基复合体。生殖季节贮精囊间质细胞数量增加。

2.3 雄性中华乌塘鳢贮精囊的功能

中华乌塘鳢精液不加贮精囊液或加贮精囊液的实验表明：(1) 海水激活后，精液加贮精囊液的精子活率和寿命较高，野生鱼精子最高活率为 95 %，精子寿命长达 2 h 6 min；养殖鱼不如野生鱼，其精子最高活率为 90 %，最高寿命为 1 h 47 min。(2) 海水激活后，精液不加贮精囊液的精子活率和寿命较低，野生鱼精子最高活率为 85 %，最高寿命为 1 h 44 min，养殖鱼精子活率和寿命也不如野生鱼（表 1）。海水激活后，精液加贮精囊液中的精子游动速度较快。激活后随着时间的变化，精子游动速度逐渐缓慢（表 2）。

雌性中华乌塘鳢经 HCG 和 LHRH-A₃ 催产后

性成熟，用精液加贮精囊液或不加贮精囊液进行人工授精对比实验，在水温 25.2℃，盐度为 16 的海水中孵出仔鱼。结果表明，精液加贮精囊液的受精率较高（64.7 %）；精液不加贮精囊液虽然成熟卵能受精发育，但受精率却较低（56 %）。

由此可见，中华乌塘鳢贮精囊液有助于增强精子活率和延长精子寿命，并能促进受精率的提高。

以酶联免疫吸附分析法测定雄性中华乌塘鳢贮精囊液和精巢液中的 17-羟孕酮（17-OH-P）、前列腺素 PGE₂ 和 PGF₂ 含量。结果表明，性成熟雄鱼贮精囊液中 17-OH-P 的含量（20.38 ±8.94 ng/mL）与精巢液中的含量（22.25 ±12.05 ng/mL）无显著差异（*P* > 0.05）。性成熟雄鱼贮精囊液中 PGE₂（598.74 ± 154.79 pg/mL）和 PGF₂（374.43 ±206.00 pg/mL）的含量均显著高于精巢

表 1 中华乌塘鳢精子活率和精子寿命

Table 1 Sperm motility and sperm longevity of *Bostrichthys sinensis*

栖息环境 Habitat	精液 Sperm		精液 + 贮精囊液 Sperm + seminal vesicle fluid		水温 T (℃)	盐度 S (‰)
	精子活率 (%)	精子寿命 (h: min)	精子活率 (%) *	精子寿命 (h: min) **		
	Sperm motility (%)	Sperm longevity (h: min)	Sperm motility (%)	Sperm longevity (h: min)		
野生 Wild	80	1 15	90	1 25	27.3	27
	80	1 25	90	1 31	27.5	18
	85	1 12	95	1 38	27.1	16
	75	1 44	92	2 06	25.2	16
养殖 Cultured	80	1 08	90	1 43	27.8	20
	70	0 58	80	1 01	26.3	20
	70	1 04	88	1 18	26.3	20
	75	1 31	80	1 47	28.0	20

* 精子活率即活动精子占精子总数的百分比。 ** 精子寿命是指精子从激活到 95 %死亡所经历的时间。
* The sperm motility means the percentage of swimming spermatozoa in total number of spermatozoa. ** The sperm longevity means the duration from the moment of activation to the death of 95 % activated spermatozoa.

表 2 中华乌塘鳢精子游动速度的变化

Table 2 Swimming speed of sperm varies in *Bostrichthys sinensis*

栖息环境 Habitat	激活后时间 (h: min) Duration after activation (h: min)	精液 Sperm	精液 + 贮精囊液 Sperm + seminal vesicle fluid	水温 T (℃)	盐度 S (‰)
		游动速度 (μm/s)	游动速度 (μm/s)		
		Swimming speed (μm/s)	Swimming speed (μm/s)		
野生 Wild	0 15	62.5	75.0	26.5	18
	1 00	37.5	50.0	27.3	27
	1 50	25.0	37.5	25.2	16
养殖 Cultured	0 15	56.3	68.8	28.0	20
	0 20	50.0	62.5	26.3	20

液中 PGE₂ (309.96 ± 61.98 pg/mL) 和 PGF₂ (102.06 ± 35.89 pg/mL) 的含量 (P < 0.05), 提示性成熟雄鱼贮精囊液中含有较高水平的 17 OH-P、PGE₂ 和 PGF₂。

表3 性成熟中华乌塘鳢贮精囊液、精巢液和卵巢液 17 OH-P、PGE₂ 和 PGF₂ 的含量

Table 3 17 OH-P, PGE₂ and PGF₂ levels of seminal vesicle, testis and ovarian extract in mature *Bostrichthys sinensis*

提取液 Extract	17 OH-P (ng/ mL)	PGE ₂ (pg/ mL)	PGF ₂ (pg/ mL)
贮精囊 Seminal vesicle	20.38 ± 8.94	598.74 ± 154.79	374.43 ± 206.00
精巢 Testis	22.25 ± 12.05	309.96 ± 61.98	102.06 ± 35.89
卵巢 Ovary	4.98 ± 3.30	243.10 ± 44.51	92.03 ± 44.60

3 讨 论

雄性鱼类贮精囊是否有贮存精子的功能, 看法不一。Sundararaj (1958) 报道雄性异囊鳉 (*Heteropneustes fossilis*) 贮精囊不作为精子贮存之用, 只有少量精子存在于贮精囊与精巢连接处。Nawar (1959) 研究表明雄性胡鲇 (*Clarias lazera*) 精子贮存在贮精囊的近端、中央和远端的分泌物内, 接近输精管的近端, 分泌物减少。Rastogi (1969) 报道生殖期间雄性印度鳢鱼 (*Mystus tengara*) 精子不仅在贮精囊近端小室, 也在中央和远端。Fishelson et al. (1994) 对雄性非洲鳉 (*Clarias gariepinus*) 研究认为贮精囊的远部含精子很少, 生殖季节精子只聚积在贮精囊的近端。本文研究的雄性中华乌塘鳢, 在生殖高峰期不论贮精囊的近端、中央或远端均先后出现大量精子混合在分泌物中, 因此认为生殖季节贮精囊可作为精子和分泌物暂时贮存之用, 采用“贮精囊” (Seminal vesicle) 一词, 名符其实。

Lahnsteiner et al. (1992) 研究雄性草鰕虎鱼 (*Zosterisessor ophiocephalus*) 贮精囊超微结构和组织化学, 认为草鰕虎鱼贮精囊出口到输精管没有括约肌存在。本文研究雄性中华乌塘鳢, 在贮精囊近

端基部的出入口处, 也未见到括约肌, 但有较发达的平滑肌纤维, 它分布在中华乌塘鳢贮精囊被膜和隔膜中以及贮精囊与输精管的连结处, 可能在排精时起着收缩挤压贮精囊的作用, 使贮精囊液和精子经尿殖管排放到体外。Fishelson et al. (1994) 研究雄性非洲鳉 (*Clarias gariepinus*) 贮精囊的个体发育和超微结构, 表明贮精囊中的间质细胞与精巢中的 Leydig 型间质细胞形态特征相似, 认为贮精囊中的间质细胞同源於精巢中产生性类固醇的 Leydig 型间质细胞。酶组织化学研究指出, 非洲鳉 (*Clarias gariepinus*) 精巢中的 Leydig 型间质细胞和贮精囊中的间质细胞是类固醇和葡萄糖苷酸类固醇合成的场所, 类固醇合成的关键酶如 3 -HSD 和 3 -HSD 存在于间质细胞中。在贮精囊上皮细胞中检测到尿苷二磷酸葡萄糖脱氢酶 (UDPGD), 贮精囊液分泌前, 间质细胞释放类固醇到贮精囊上皮细胞中葡萄糖苷酸化。色谱质谱分析雄鱼贮精囊液含有各种葡萄糖苷酸类固醇, 在水中完全溶解, 可作为性外激素诱发雌性非洲鳉排卵 (Resink et al. , 1987, 1989; Schoonen et al. , 1986, 1987, 1988; Hurk and Resink, 1992)。本文研究表明雄性中华乌塘鳢贮精囊能分泌粘多糖蛋白, 贮精囊液含有 17 OH-P、PGE₂ 和 PGF₂。据洪万树* 等研究, 以中华乌塘鳢贮精囊液作为性外激素吊挂在陶瓷管道内, 能够吸引雌亲鱼, 并诱发生卵, 而且吊挂人工合成的 PGE₂ 也能体外诱发雌亲鱼产卵。因此证实中华乌塘鳢贮精囊液具有性外激素的重要作用。

参考文献 (References)

Fishelson L, 1991. Comparative cytology and morphology of seminal vesicles in male gobiid fishes. *Japan. J. Ichthyol.* 38 (1): 17 - 30.

Fishelson L, Vuren JHV, Tyran A, 1994. Ontogenesis and ultrastructure of seminal vesicles of the catfish *Clarias gariepinus*. *J. Morphol.* 219: 59 - 71.

Hurk RVD, Resink JW, 1992. Male reproductive system as sex pheromone producer in teleost fish. *J. Exp. Zool.* 261: 204 - 213.

Lahnsteiner F, Seiwald M, Patzner RA, Ferrero EA, 1992. The seminal vesicles of the male grass goby, *Zosterisessor ophiocephalus* (Teleostei, Gobiidae). *Zoomorphology* 111: 239 - 248.

Nawar G, 1959. Observations on the seminal vesicle of the Nile catfish *Clarias lazera*. *Ann. and Mag. Nat. Hist.* 11: 444 - 448.

Rastogi RK, 1969. Seminal vesicles and sperm duct of an Indian catfish *Mystus tengara* (Ham.), with particular reference to their seasonal cycle. *Acta Anat.* 72: 624 - 639.

Resink JW, Hurk RVD, Zoelen RFOGV, Huisman EA, 1987. The

* 洪万树, 赵卫红, 马细兰, 2004. 性外激素诱发中华乌塘鳢产卵的初步研究. 水产学报 (待发表).

Hong, WS, Zhao WH, Ma XL, 2004. A preliminary study on the induction of spawning by sex pheromones in *Bostrichthys sinensis*. *Journal of Fisheries of China* (In press).

- seminal vesicle as source of sex attracting substances in the African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 63: 115 - 127.
- Resink, JW, Schoonen WGEJ, Albers PCH, File DM, Notenboom CD, Hurk RVD, Oordt PGWJ, 1989. The chemical nature of sex attracting pheromones from the seminal vesicle of the African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 83: 137 - 151.
- Scaggiante M, Mazzoldi C, Petersen CW, Rasotto MB, 1999. Sperm competition and mode of fertilization in the grass goby *Zosterisessor ophiocephalus* (Teleostei, Gobiidae). *J. Exp. Zool.* 283: 81 - 90.
- Schoonen, WGEJ, Lambert JGD, 1986. Steroid metabolism in the seminal vesicles of the African catfish *Clarias gariepinus*. (Burchell), during the spawning season, under natural conditions, and kept in ponds. *Gen. Comp. Endocrinol.* 61: 355 - 367.
- Schoonen, WGEJ, Lambert JGD, 1987. Gas chromatographic —mass spectrometric analysis of steroids and steroid glucuronides in the seminal vesicle fluid of the African catfish *Clarias gariepinus*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 68: 375 - 386.
- Schoonen WGEJ, Lambert JGD, Oordt PGWJV, 1988 Quantitative analysis of steroids and steroid glucuronides in the seminal vesicle fluid of feral spawning and feral and cultivated nonspawning African catfish *Clarias gariepinus*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 70: 91 - 100.
- Sundararaj BI, 1958. The seminal vesicles and their seasonal changes in the Indian catfish *Heteropneustes*. *Copeia* (4): 289 - 297.

图 版 说 明

图 版

1. 雄性中华乌塘鳢贮精囊 (SV)、精巢 (T)、膀胱 (U) 和尿殖乳突 (UP)。
2. 雄性中华乌塘鳢贮精囊横切面, 示结缔组织被膜 () 和隔膜 (↑)。 ×40
3. 结缔组织被膜 (CC) 中的平滑肌纤维 ()。 ×1 000
4. 贮精囊柱状上皮细胞 (), 示结缔组织被膜 (CC)、结缔组织隔膜 (CP)、小室腔 (LL) 和成纤维细胞 (↑)。 ×400
5. 贮精囊立方上皮细胞 (), 示小泡状分泌物 (↑)。 ×1 000
6. 贮精囊扁平形细胞 ()。 ×1 000
7. 坏死细胞 () 从上皮脱落, 并且聚集在小室腔 (LL)。 ×100
8. 贮精囊分泌物呈深紫红色 PAS 阳性反应, 示小室腔 (LL) 内精子 () 和分泌物 (S)。 ×1 000
9. 精子 () 被包围在纤维丝状贮精囊液中 (↑)。 ×400
10. 输精管, 示上皮细胞 (), 精子 (↑)、成纤维细胞 (↑)、毛细血管 (BC)、精巢 (T) 和贮精囊 (SV)。 ×400
11. 贮精囊结缔组织隔膜中的间质细胞 ()。 ×1 000

图 版

12. 雄性中华乌塘鳢贮精囊纵切面, 示小室腔 (LL)、结缔组织被膜 (CC)、结缔组织隔膜 (CP) 和分泌物 (S)。 ×40
13. 雄性中华乌塘鳢贮精囊纵切面, 如上所示。 ×40
14. 贮精囊上皮细胞, 示粗面内质网 (RER)、管状嵴线粒体 (M)、高尔基复合体 (G) 和胞膜 (CM)。 ×40 000
15. 贮精囊上皮细胞, 示小室腔 (LL) 和高尔基复合体 (G)。 ×40 000
16. 分泌颗粒 (SG) 聚集在贮精囊上皮细胞顶部, 示胶原纤维 (CF) 在小室腔 (LL) 内。 ×20 000
17. 分泌物 (S) 和胞质 (C) 释放到小室腔 (LL)。 ×20 000
18. 贮精囊上皮细胞出现大空泡 (LV), 示髓样小体 (MB)。 ×8 000
19. 结缔组织被膜和隔膜中的成纤维细胞, 示胶原原纤维 (), 胶原纤维 (↑) 和胞核 (N)。 ×14 000
20. 小室腔内的胶原纤维 (CF)。 ×27 000
21. 结缔组织被膜和隔膜中的纤维细胞 ()。 ×8 000
22. 贮精囊结缔组织隔膜中的间质细胞, 示其胞核 (N)。 ×27 000

BC: 毛细血管。C: 胞质。CC: 结缔组织被膜。CF: 胶原纤维。CM: 胞膜。CP: 结缔组织隔膜。G: 高尔基复合体。LL: 小室腔。LV: 大空泡。M: 线粒体。MB: 髓样小体。N: 胞核。RER: 粗面内质网。S: 分泌物。SD: 输精管。G: 分泌颗粒。SV: 贮精囊。T: 精巢。U: 膀胱。UP: 尿殖乳突。

Explanation of Plates

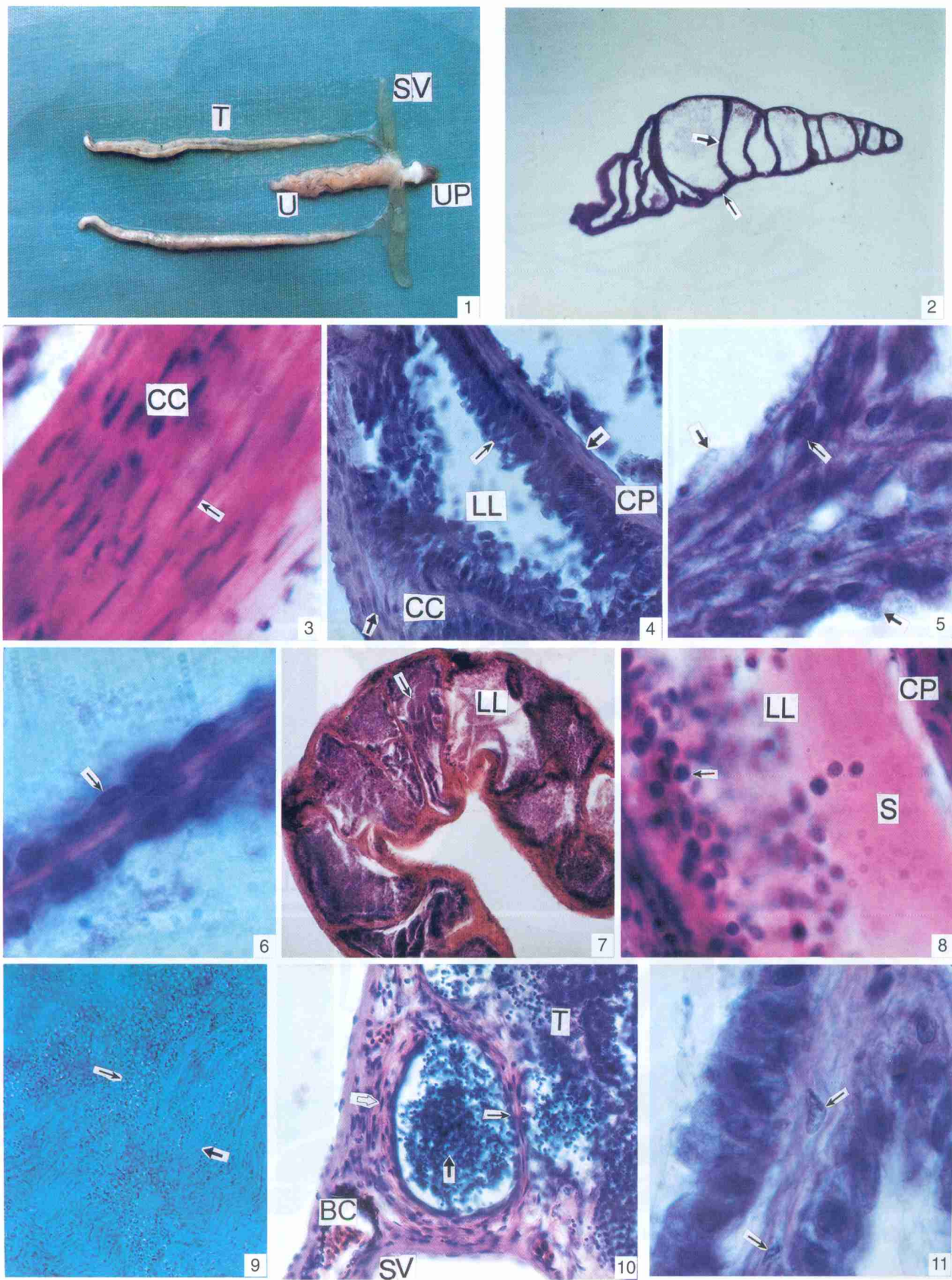
Plate

1. The seminal vesicles (SV), testis (T), urinary bladder (U) and urogenital papilla (UP) in male *Bostrichthys sinensis*.
2. Transverse section through the seminal vesicle of male *Bostrichthys sinensis*, showing the connective tissue capsula () and partition (↑). ×40
3. Smooth muscle fibers () in the connective tissue capsula (CC). ×1 000
4. Columnar epithelial cells () in the seminal vesicle, showing the connective tissue capsula (CC), the connective tissue partition (CP), locule lumina (LL) and fibroblast (↑). ×400
5. Cuboidal epithelial cells () in the seminal vesicle, showing the bubble-like secretion (↑). ×1 000
6. Squamous epithelial cells (). ×1 000
7. Necrotic cells () became detached from the epithelium and accumulated in the locule lumina (LL). ×100
8. The secretion of seminal vesicle showed PAS positive reaction in dark purple-red colour, showing the locule lumina (LL) were filled with the spermatozoa () and the secretion (S). ×1 000
9. The spermatozoa () were enclosed by fiber-like seminal vesicle fluid (↑). ×400
10. The sperm duct, showing epithelial cells (), spermatozoa (↑), fibroblasts (↑), blood capillary (BC), testes (T) and seminal vesicle (SV). ×400
11. The interstitial cells () in the connective tissue partition of seminal vesicle. ×1 000

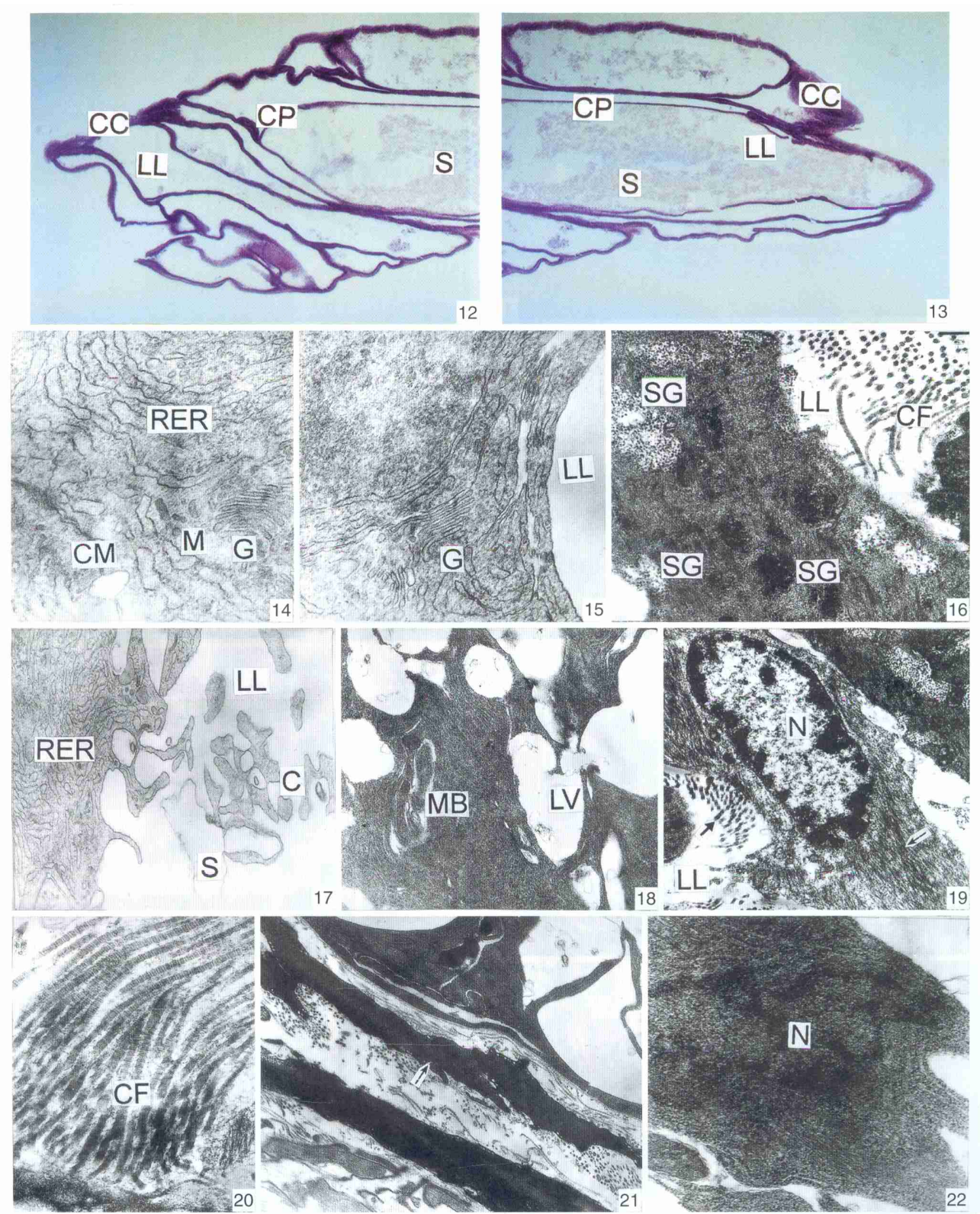
Plate

12. Longitudinal section through the seminal vesicle of male *Bostrichthys sinensis*, showing the locule lumina (LL), connective tissue capsula (CC), connective tissue partition (CP) and the secretion (S). ×40
13. Longitudinal section through the seminal vesicle of male *Bostrichthys sinensis*, as showed above. ×40
14. Epithelial cell in the seminal vesicle, showing rough endoplasmic reticulum (RER), tubular cristae mitochondria (M), Golgi complex (G) and cell membrane (CM). ×40 000
15. Epithelial cell in seminal vesicle, showing the locule lumina (LL) and Golgi complex (G). ×40 000
16. Secretory granules (SG) accumulated to the apical portion of epithelial cell in the seminal vesicle, showing collagenous fiber (CF) in the locule lumina (LL). ×20 000
17. The secretion (S) and cytoplasm (C) were released to the locule lumina (LL). ×20 000
18. Large vacuoles appeared in the epithelial cell of seminal vesicle, showing myelin body (MB). ×8 000
19. Fibroblast in the connective tissue capsula and partition, showing collagen fibrils (), collagenous fibers (↑) and nucleus (N). ×14 000
20. Collagenous fibers (CF) in the locule lumina. ×27 000
21. Fibrocytes () in the connective tissue capsula and partition. ×8 000
22. Interstitial cell in the connective tissue partition of seminal vesicle, showing its nucleus (N). ×27 000

BC: Blood capillary. C: Cytoplasm. CC: Connective tissue capsula. CF: Collagenous fiber. CM: Cell membrane. CP: Connective tissue partition. G: Golgi complex. LL: Locule lumina. LV: Large vacuole. M: Mitochondria. MB: Myelin body. N: Nucleus. RER: Rough endoplasmic reticulum. S: Secretion. SD: Sperm duct. SG: Secretory granule. SV: Seminal vesicle. T: Testis. U: Urinary bladder. UP: Urogenital papilla.



图版说明见文后 (Explanation at the end of the text)



图版说明见文后 (Explanation at the end of the text)