

三 斑 海 马 的 生 殖*

蔡难儿 徐权汉 于富才 吴贤汉

(中国科学院海洋研究所)

孙 广 廉

(山东省日照县海水养殖试验场)

海马一般分布于热带和亚热带,仅少数进入北半球;在太平洋、印度洋、红海、黑海等沿岸国家均有分布;在我国沿海,自南至北,据文献记载共有 8 种^[1]。本文所研究的三斑海马 (*Hippocampus Trimaculatus*), 仅分布于东海与南海一带海域。

在欧美等国,海马被认为是一种没有什么经济价值的动物,所以对它研究甚少,仅 Rauttor (1925), Linton & Soloff (1964) 等曾先后对雄海马育儿袋的皮膜构造和生理学作过一些研究^[2]。在我国,海马则是一种贵重药材。早在明朝,伟大的本草学家李时珍在他的《本草纲目》中就已记载了海马的药性^[3]。二十多年前,我国南方曾开展海马养殖试验,累积了不少资料^[2,4],但对繁殖生物学的研究还不够深入。

1975 年,我们从广东汕头运移一部分三斑海马到山东日照海水养殖试验场温室的水池中饲养。越冬措施是:第一年,特制八个容水量为 0.7 立方米的水泥池,并列二行,下设坑道,用火坑法保温;第二年,置玻璃房内,以锅炉保温。本文系根据此北方养殖情况进行观察和研究。育儿袋皮膜构造,性腺和卵细胞的发育是通过活体解剖和切片染色观察的,用 Bouin 氏液或甲醛固定,铁矾苏木精和伊红复染。

文中所用资料除注明者外,大部分是 1975—1976 年间搜集的。

一、性特征和性腺发育

海马为雌、雄异体。性别的最显著特征之一是育儿袋,有育儿袋者为雄性,否则为雌性。育儿袋在体长(全长,下同)达 8—9 厘米之后才出现。但部分幼鱼(6 厘米左右),尾部前端腹面由表皮形成一个椭圆状,平而光滑者可断定为雌性;无此特征者,并非都为雄性,其中仍有一部分是雌性。

海马性的比例请见表 1,从表 1 可知,其雄性多于雌性(2:1)。这个比值是由何种原因造成,值得研究。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 824 号。

收稿日期:1980 年 9 月 26 日。

1) 广东汕头地区水产局海水养殖场编印,1973。海马人工养殖。

表 1 性 比 例

时 间 (年·月·日)	雌 性	雄 性	比 例
1976.4.27	65	208	1:3
1976.9.27	374	707	1:2
1976.10.24	423	747	1:2
1977.10.31	600	1222	1:2

(一) 育儿袋的发育

育儿袋是一个孵卵器官,但数百以至上千粒卵子在此小袋中能安然发育,这就不能将它视作一个简单的孵卵器,可以想像,它必定具有特殊的构造和生理功能。这里仅描述其构造和发育。

1. 育儿袋的发育

雄性海马个体长到 8—9 厘米之后,尾部前端腹面两侧外表皮向中间折褶,形成一个有开口的小囊袋,随着个体的增大、折褶中间增长了结缔组织,其长度、高度和宽度也逐渐地增加。现分 5 个时期加以描述(各期的外表形态特征见图 1 和表 2)。

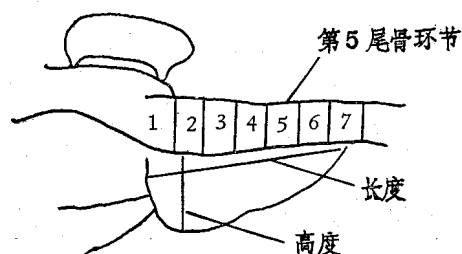


图 1 育儿袋外形示意图

第 1 期: 育儿袋小,长度为 5 毫米,占据 3 个尾骨环节的距离。囊袋皮膜薄,切片观察,表皮由 2—3 层细胞组成,内表皮是由外表皮折入而形成,表皮细胞中有许多腺细胞。表皮下分布着许多褐色的色素细胞,两层表皮中间是平滑肌和结缔组织(图版 I:1)。

第 2 期: 育儿袋增大,占 4 个尾骨环节。皮膜组织增厚,且坚硬。底壁结缔组织增多。分布许多细小的血管(图版 I:2)。

第 3 期: 育儿袋明显向外鼓起,袋腔扩大,状似半个梨,尖端朝尾,占据 5 个尾骨环节。

表 2 育儿袋各个时期的特征

时 期	1	2	3	4	5
占据尾骨环节数	3	4	5	6	6 或 7
长度(毫米)	5	11—12	14—16	16—17	17—19
高度(毫米)	1	6	6—7	8—8.5	8.5
宽度(毫米)	3.5—4	6	7	8.5	8.5

第 4 期: 袋壁略松软,袋口闭合很紧,无吸水能力。整个袋占据 6 个尾骨环节。内膜平滑肌增厚,结缔组织更为松弛,血管增粗(图版 I:3)。

第5期: 达到成熟阶段, 已可受卵。皮膜松软, 具有吸水和排水能力。囊袋占6个或7个尾骨环节。内皮膜增厚, 表皮下面有许多色素细胞, 结缔组织中的血管比平滑肌中多得多。

从组织结构来看, 内皮膜增厚、松软、血管增多与卵子的“着床”、氧气供给和育儿袋环境的调节等生理功能密切相关。

2. 育儿袋生成阶段雄、雌体长和体重的比较

培育2个月的海马, 全长平均8厘米左右, 育儿袋尚未形成, 3个月之后, 育儿袋明显, 有的长得较大。在2个月至3个月这一阶段, 雄、雌体长和体重有明显的变化。在图2中, 可以看出二者之差别。经统计分析^[3]: 雄、雌长度比较, $t = 1.648$, 而显著性差异 $t_{0.05}$ 值为2.57, $t < t_{0.05}$; 体重比较, $t = 5.13$, $t_{0.05} = 2.57$, $t > t_{0.05}$ 。这说明育儿袋在开始发育阶段, 体长的增长, 相对来说, 雌、雄之间没有显著区别; 而体重的增加, 雄性比雌性快得多。(图2(1))

3个月的海马, 不论雄、雌, 其体长与体重都有显著的相关, 其关系式和回归系数为: 雄性, $y = 0.93x - 6.19$, $b' = 0.93$; 雌性, $y = 0.60x - 2.96$, $b' = 0.60$ 。两个回归系数进行比较, $t = 2.16$, 而显著性差异 $t_{0.05}$ 值为2.45。这表明尚未达到显著性的差异, 但二者数值相近, 所以可以认为, 在育儿袋发育阶段, 雄性比雌性长得快(图2(2))。

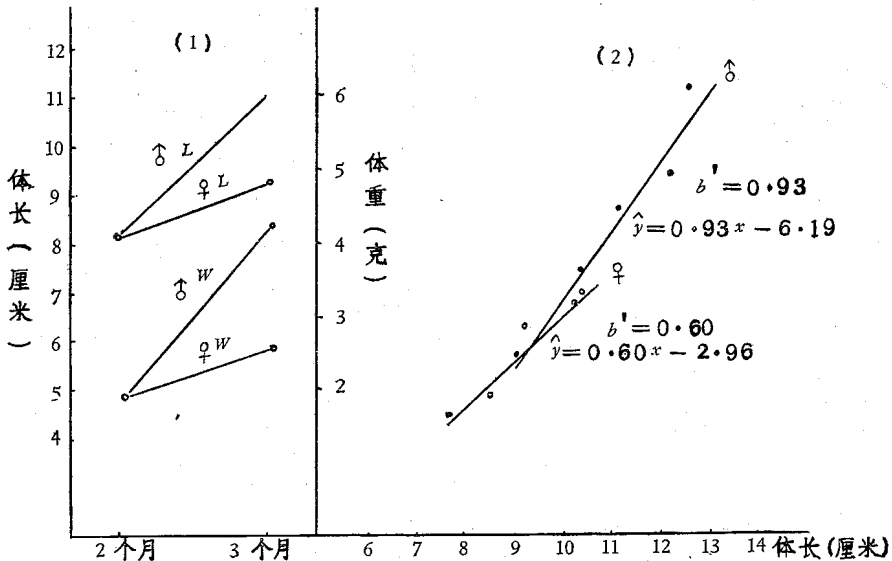


图2 育儿袋生成阶段体长与体重的增长
(1) 体长与体重的增长; (2) 体长与体重的相关关系

(二) 性腺发育

1. 卵巢构造

卵巢成对, 位于鰾的腹下方两侧, 呈长形囊状, 末端合并通至一条短的输卵管, 输卵管

开口于泄殖孔。

卵巢剥去包膜,像一片二边同向一侧卷曲的树叶,中间空腔为卵巢腔。(图 3(1)) 把它伸开,酷似一片椭圆形的树叶,卵原细胞就在“叶片”边缘形成,长大的卵母细胞逐渐向外侧推移,因此,不同时期的卵母细胞,其分布区域有一定的规律性。以第 IV 卵巢为例(图 3(2)(3)),A 区为第 I 时相的卵母细胞所占据,B, C, D 区分别为第 II, III, IV 时相的细胞。

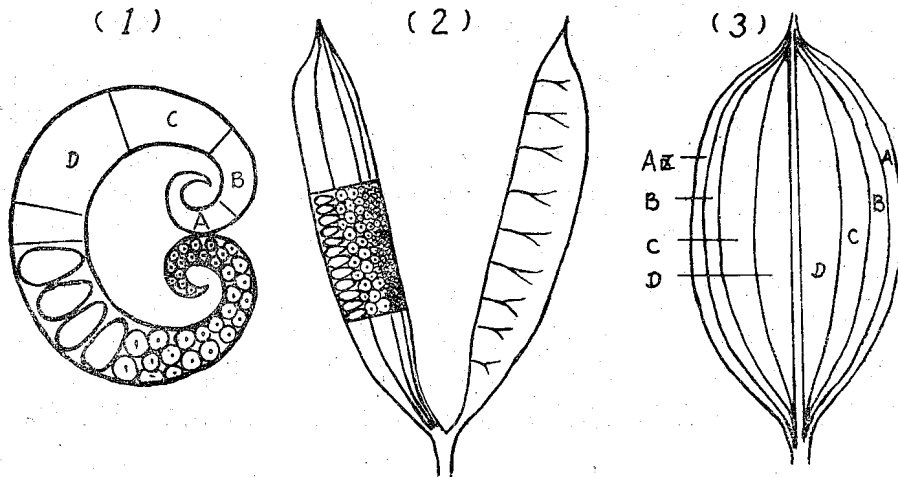


图 3 卵巢模式图

(1) IV 期卵巢横切面; (2) IV 期卵巢; (3) 伸开的卵巢

2. 卵巢发育分期

根据一般鱼类性腺分期法,海马卵巢也分为六个时期。

第 I 期: 生殖腺呈细线状,透明,长 10—12 毫米,直径 1 毫米,性别不易分辨。

第 II 期: 卵巢呈长条囊状,直径增大。在解剖镜下可见到有两个时相的卵母细胞,细胞清晰透明,核大,居于细胞中央。

第 III 期: 卵巢直径 2 毫米,长 10—15 毫米,有三个时相的卵母细胞。第 III 时相细胞占其体积的 1/2,细胞表面分布少量桔红色的油球,故卵巢略呈淡橙红色。

第 IV 期: 这一期有四个时相的卵母细胞。

第 V 期: 整个卵巢呈鲜艳的桔红色。卵巢已进入成熟阶段。第 V 时相的卵子呈椭圆形,略钝一端朝外,略尖一端朝向卵巢腔,卵巢腔变小。这一时相细胞所占卵巢体积达 70—80%。卵巢直径 5 毫米,但长度增加不大(18—25 毫米)。

第 VI 期: 产完卵子,体积缩小,包膜松软。成熟卵子全已排出,余下的只有 I, II, III 三个时相的细胞,少数有第 IV 时相早期细胞。(图版 I:4)

3. 卵细胞生成时相

卵细胞发育分五个时期。

第 I 时相: 细胞直径 0.03—0.05 毫米,细胞核居于中央。细胞透明,核着色浅,核内

染色质呈网状;核仁多在核膜边缘,一个切片有4—6个。(图版 I:5)

第 II 时相:初级卵母细胞体积增大,呈多角圆形,直径 67—100 微米。细胞嗜碱性增强,核仁数目增多(8—9 个)。(图版 I:5)

第 III 时相:直径 130—200 微米,外有一层薄的卵黄膜和一层滤泡膜。细胞染色很浅。卵细胞表面散布少量桔红色油球。核圆,仍居中央;核仁大,数量减少。(图版 I:5)

第 IV 时相:卵粒不均匀地增大,朝外侧一端剧增,形成梨状。核呈不规则多角形。早期卵黄颗粒少,晚期堆积大量卵黄。(图版 I:6)

第 V 时相:初级卵母细胞向次级卵母细胞过渡。卵细胞状似爪形,长径 1.8 毫米,短径 0.8 毫米。其表面布满细小桔红色油球。滤泡膜消失。卵子达到成熟阶段。(图版 II:7)

4. 精巢及其发育

精巢成对,位置同卵巢。精巢细长呈囊状,两侧精巢末端汇合通至一条短的输精管,开口于泄殖孔。

7 厘米长的个体,精巢中生殖细胞组成条条精细管,排列紧密。精巢外是由结缔组织和平滑肌组成的包膜(图版 II:8)。个体达到 12—13 厘米,开始性成熟,精母细胞经减数分裂形成精细胞,分散于精巢腔中。(图版 II:9) 排精后精巢的巢腔,有的已空,有的还留存不少精子。(图版 II:10)

二、繁 殖

海马的繁殖方式是鱼类中较特殊的一种类型,雌、雄交配时,雌性把卵子排至雄性的育儿袋中,卵子在囊袋中受精、孵育。孵育期间精巢继续发育,孵育期结束,将海马苗排出体外。此时,有些个体可立即再次交配受孕,但多数需待一段时间后才能再次受孕。海马在自然海域的繁殖具有季节性,但在室内,若水温保持在 19℃ 以上,整年均均可繁殖。

(一) 性 成 熟

1. 性成熟与年龄、体长的关系

在南方,海马三个月便可达到性成熟;在山东日照,一般要五个月左右,个别雄体可少于这段时间。1976 年 4 月 28 日产的海马饲养到 8 月 2 日(3 个月多),21 尾雄体(平均长 11.1 厘米)中只有一尾育儿袋达到受孕阶段;18 尾雌体(平均 10.1 厘米),性细胞最晚是第 IV 时相早期。5 个月的海马(择其较大个体),8 尾雄体(13 厘米以上)中,有 5 尾育儿袋是第 4 期,3 尾已达第 5 期;10 尾雌体中,卵细胞达到第 V 时相的有 2 尾,其他诸尾各个时相都有。(表 3)

当年生的海马要在 12 厘米以上才能达到性成熟。如果前一年个体较小的海马到翌年繁殖季节仍未达 12 厘米,也可达到性成熟。我们曾发现一对前年产的海马彼此交配(卵产在体外),雄者体长 9.8 厘米,雌者 9.7 厘米。论体长,它是性成熟最小型,但从年龄来

表 3 不同年龄时育儿袋和卵母细胞的生长发育

年龄	育儿袋各个时期					卵母细胞时相				
	I	2	3	4	5	I	II	III	IV	V
3 个月尾数			← 20 →		1			← 18 →		
5 个月尾数				5	3		2	2	4	2

说,它已近一龄。说明性成熟与年龄之间也存在着一定关系。

2. 性成熟周期

雌性个体性成熟周期的长短一般视水温高低而定。我们将刚产过卵的雌海马置于 26.5—28℃ 水温中,分开饲养并供充足饵料,然后每隔一定时间解剖观察性腺发育程度。第 8 天,卵巢长 17—18 毫米,直径 5 毫米,卵母细胞发育至第 IV 时相中期;再过 6 天,接近成熟阶段,卵子长轴 1.5 毫米。以此推算,前次产卵至下次性细胞成熟,估计需要 20 天左右的时间。

(二) 发情与交配

1. 发情

海马发情大都始于黎明,持续数小时。发情时雄性色素细胞收缩,体变浅黄褐色,雌性变成青灰白色;发情雌、雄个体,成群并列于水底,彼此追逐。然而,并非所有发情个体都能交配产卵或受孕,每天只有少数个体才能达到这样成熟的阶段。但发情可以刺激生殖细胞生理上的成熟和育儿袋的发育。

2. 交配

成熟个体找到配偶后,双双并列从水底向水表面游动。此时,雄体尾部向前弯曲,将育儿袋中吸满的水排出;雌体尾部向背部翘起,挺起腹部。将近水表面时,两者转为腹部相对,雌体生殖乳突对着雄体育儿袋口,瞬息之间泄殖孔扩大,紧缩身体,在 2—3 秒钟之内,把两侧卵巢中的成熟卵排至对方育儿袋中。卵子不是逐个排出,而是每侧卵巢中所有的成熟卵同时排出。偶而有排在体外的卵子,可见到其植物极端的卵膜彼此粘着,形成一串。在排卵的同时,雄体一边排精,一边松开育儿袋吸水,把卵子和精子一并吸进育儿袋中。没有吸进袋中的卵,大都不受精,但我们也曾几次发现有少数卵子受了精,并能进行卵裂。

交配之后,雄性伏在水底翻滚约 2—3 分钟,随后,断断续续地缓慢扭动,不久即离群游至安静场所;雌性翻滚十几次(约半分钟)后游至群体中。

雄性在孵育期间,有的还可再次交配受孕。我们曾发现,育儿袋中有两个发育期的胚胎——第一次受孕 731 个,胚胎卵黄囊已消失;第二次受孕 336 个,未受精卵 151 个,胚胎卵黄囊呈圆形。

3. 配偶时间

图4曲线系根据连续8天(1978年4月8日至15日)的观察数据绘制。海马都是刚越冬的, 交配时间集中。从图中可看出, 交配时间是在上午9点至下午16点, 以11—12点为多, 其次是10点和13点。但在1976年4—5月, 我们曾多次见到在下午13—18点之间进行交配。

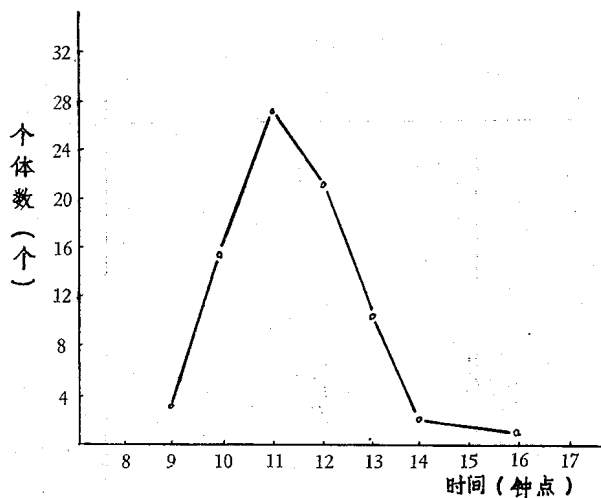


图4 海马交配时间

(三) 孵育与产仔

1. 孵育

雄体受卵之后, 身体仍不断地扭动, 使卵子均匀地分散在育儿袋四周。5—6小时后袋口紧闭。内皮膜逐渐把每个卵子包围, 整个育儿袋里面形成蜂窝状, 每个窝有一个卵子。卵悬在卵膜内, 可自由转动。

胚胎孵化脱出卵膜后仍在袋中, 此时, 育儿袋吸进海水, 胚胎开始适应新的环境。临产前, 育儿袋状似半个小桃。

2. 产仔

海马大都在黎明时刻开始产仔, 至晨7点左右结束, 极少数在此时间之后产仔。产仔时, 尾部缠在附着物上或在水中慢慢游动, 身体不断前后俯仰, 俯仰一次排出数尾至十几尾海马仔; 怀仔量多者, 有时需持续一、二小时才能产完。

(四) 繁殖力

1975年从南方运来的一龄雌、雄海马各25尾, 这一年受卵雄海马有28尾次, 说明其中有些雌海马产卵二次; 第二年, 平均只产一次。由第一年的情况, 再根据性成熟周期资

料,可知海马属多次产卵的类型。

表 4 是不同年龄海马繁殖量的分布情况。一龄雌体,体长在 12—13.5 厘米,繁殖最多不超过 900 尾,一般在 650 尾以下,以 250—400 尾居多。二龄雌体,体长在 14 厘米以上,最多可产 1700 尾,产 650 尾以下者占 60%,800—1100 尾者占 26.7%,1200—1700 尾者占 13%;如果取繁殖最多的 10 尾作平均,超过 1000 尾。从表 4 中可看出,二龄海马的繁殖量比一龄者大一倍左右。

表 4 不同年龄海马繁殖量

繁殖量(产仔尾数)	一周年共 20 尾 (%)	二周年共 30 尾 (%)
60—200	15	23.4
201—300	20	10
301—400	20	10
401—500	5	10
501—600	15	3.3
601—700	15	3.3
701—800	—	—
801—900	10	6.7
901—1000	—	10
1001—1100	—	10
1101—1200	—	3.3
1201—1300	—	3.3
1301—1400	—	3.3
1401—1500	—	—
1501—1600	—	—
1601—1700	—	3.3

三、讨 论

1. 性的比例

对鱼类性比的改变历来有两种不同见解,一种主张性别逆转是性比改变的原因,另一种认为它是选择性的死亡所造成。至于三斑海马,根据我们统计数据,性比是 2(♂):1(♀)。我们的见解倾向于选择性死亡是个重要原因。我们曾作试验,取 38 尾(全长 12.5 厘米左右)雄海马和 5 尾(12 厘米左右)雌海马,同放在一个塑料袋中,水量 6 公升左右,不充氧气、结扎袋口。6 小时之后,雄性死亡 1 尾,雌性死亡 3 尾。结果表明在缺氧条件下雄性似乎比雌性具有较强忍耐力。

至于性别逆转现象,我们认为,在非特殊条件下那只是一种个别现象,不是性比改变的普遍原因。

2. 性细胞的成熟

许多动物性成熟都有周期性的变化,只是时间长短不同。除此之外,对生态环境的要求有所不同,正如朱洗教授在研究蟾蜍卵球成熟过程中指出,在适当的时候渡过适当的低

温阶段,是卵子成熟与将来正常的受精发育所必需的^[4]。换句话说,不经过低温阶段,就会影响卵子的成熟。然而,三斑海马并不如此。

人工饲养的海马,在生殖温度范围之内可终年繁殖。由此看来,海马性成熟的每个周期不需要经过低温阶段。这种现象是否可以这样解释:每年或数年一次产卵类型或季节性产卵类型的动物,需要季节气候的变化(包括许多鱼类),而多次产卵类型的动物,繁殖并无生理上的季节性。海马属于后者。

3. 繁殖力

海马的繁殖力与年龄及个体大小有着密切关系。二龄海马的平均繁殖量比一龄的大一倍左右,相差300—500尾,说明二龄者具有较高的繁殖力。按一个性成熟周期(在26.5—28℃时为20天左右)进行推算,一个二龄个体在北方温室里,从5月至9月最多能产卵5次,每次产1000尾,可产5000尾。但实际上,只产一次至二次,且繁殖量很不稳定。所以如此,可能由以下几个因素造成:

(1) 饵料供应是否充足是个重要因素。卵巢的营养是从海马在生活期间所获得的营养物质转移而来,如果营养不足,即便温度适宜,性腺发育的时间也会延长,或者只有部分卵细胞得到营养而发育,致使繁殖次数和繁殖量减少。

(2) 海马存在不育现象。汕头等地曾报道海马有不育个体,但并未进一步阐明原因。我们在生殖腺切片中发现,有一卵巢只有少数几个卵母细胞,大部为空泡所充塞(图版II:11);另一个精巢,不见有生殖细胞(图版II:12)。这样的卵巢及精巢将来也不会有所改善。如果有更多的这种个体掺入,群体中的平均繁殖次数自然会相对减少。这种不育现象,可能是由于长期人工饲养,同亲之间交配而造成性腺的退化。

要提高海马的繁殖量,可采取三个途径:(1)以低温降低机体代谢强度,使更多卵母细胞积累营养物质。我们在越冬控温试验中,得到了较好效果;(2)水温在生殖温度范围之内,采用雌、雄分开饲养;(3)调换不同地区的海马种,避免长期同亲繁殖。

参 考 文 献

- [1] 郑葆珊、张有为, 1957. 海马. 生物学通报 7: 30—34.
- [2] 邹作和, 1958. 人工养殖海马. 中国水产 10: 23.
- [3] 杨纪珂, 1964. 数理统计方法在医学科学中的应用. 上海科学技术出版社, 131—157 页.
- [4] 中国科学院实验生物研究所发生理研究室, 1966. 家鱼人工生殖的研究. 科学出版社, 第 48 页.
- [5] Linton, J. R. & B. L. Soloff, 1964. The Physiology of the brood pouch of the male seahorse *Hippocampus*. Bull. Mar. Sci. Gulf. Caribbean, 14: 46—61.

STUDIES ON THE REPRODUCTION OF THE SEAHORSE *HIPPOCAMPUS TRIMACULATUS**

Cai Nan'er, Xu Quanhan, Yu Fucui and Wu Xianhan

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

Sun Guanglian

(*Rizhao Mariculture Experimental station*)

ABSTRACT

This paper is to study the reproduction of *Hippocampus trimaculatus* which, being transplanted from Guangdong to Rizhao, Shandong, are cultured in the pond of a green house. It is described in the following two parts:

1. The sex and the development of gonad and brood pouch

The sex-ratio is 2(♂): 1(♀).

According to the shape of the ovaries and the space occupied by the oocyte at various stages, the development of ovaries can be divided into six stages. The development of oocyte falls into five stages according to the histological composition and size of the various oocyte and so does the development of the pouch of various size in non-breeding animals.

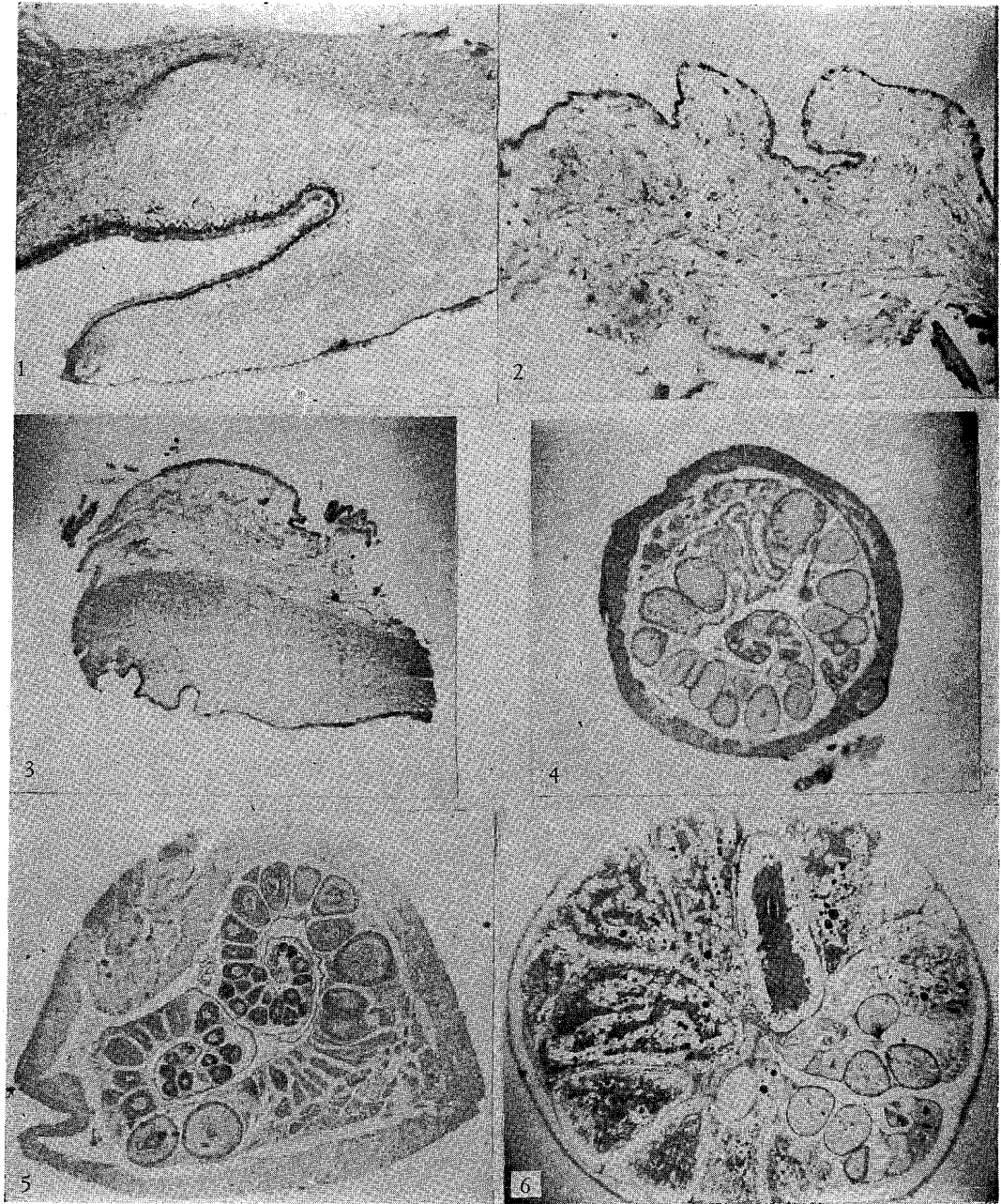
The gonads after spawning develop up to the maturation in about 20 days in 26.5—28° C sea water.

2. Reproduction

This describes oestrus, mating and brooding period.

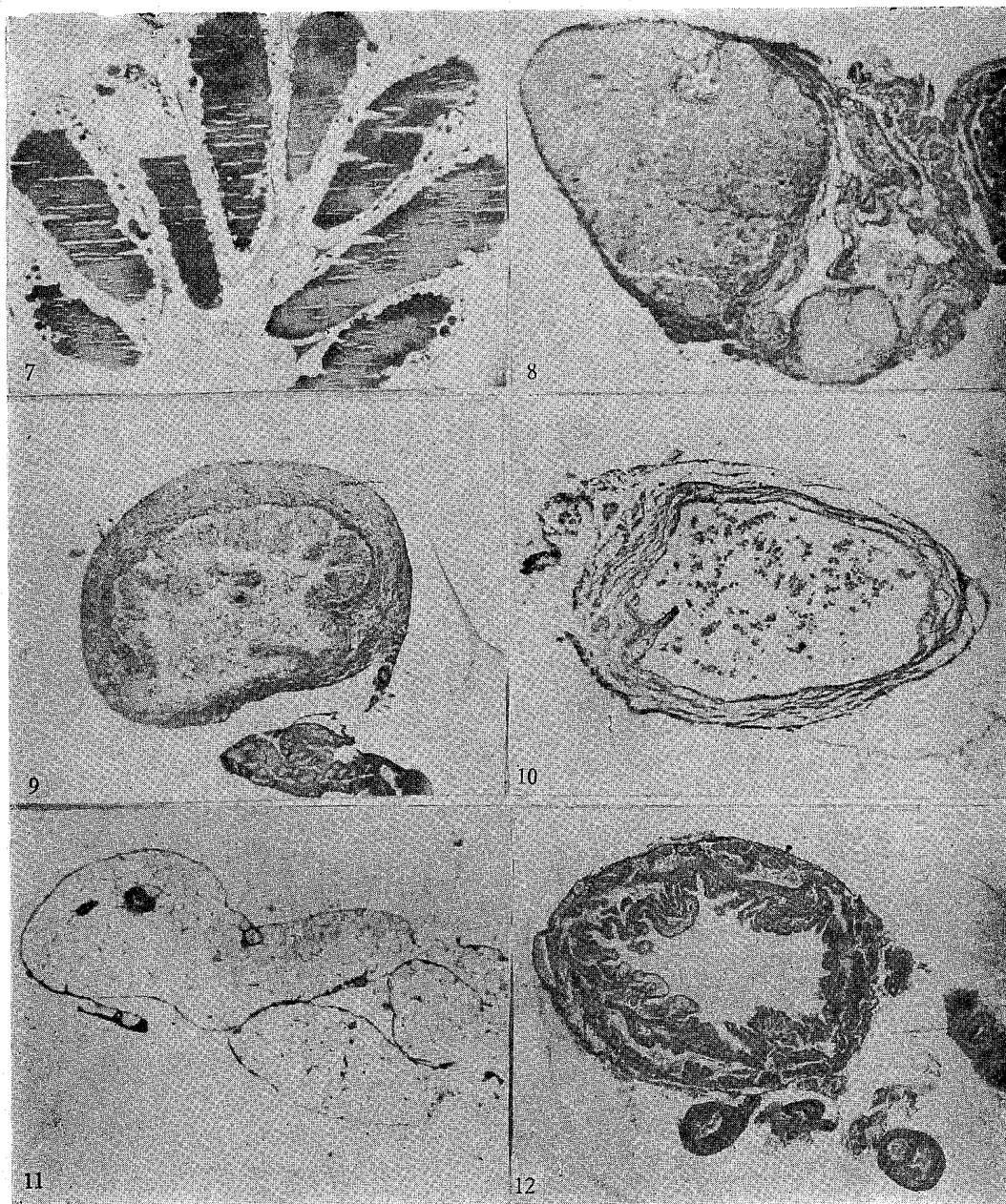
According to the theoretical analysis, each individual might breed five times from May to September. But, in practice, it breeds only once or twice in this period of time. Individuals aged two years can reproduce 1700 larval fish at most, but ordinarily, it can reproduce about 400 to 1000 once only.

*Contribution No. 824 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.



三班海马的育儿袋和卵巢

1. 育儿袋第1期, 皮膜切片; 2. 育儿袋第2期, 底壁切片; 3. 育儿袋第4期, 皮膜切片; 4. 卵巢第VI期; 5. 第I, II, III时相卵细胞, 核仁增多; 6. 第IV时相卵细胞



三班海马的卵巢和精巢

7. 第V时相卵细胞； 8. 早期的精巢； 9. 成熟的精巢； 10. 排精后的精巢；
11. 卵巢中出现空泡； 12. 精巢中无生殖细胞