

曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)繁殖习性及其产卵场修复的研究*

吴常文^{1,2} 董智勇² 迟长凤² 丁峰²

(1. 华中科技大学分子生物物理学教育部重点实验室 武汉 430074;
2. 浙江海洋学院 浙江省海洋养殖装备与工程技术重点实验室 舟山 316004)

提要 采用对比分析方法,观察了曼氏无针乌贼的繁殖习性,比较了不同产卵附着物的附卵效果,选择典型产卵场(中街山列岛海区)进行附着物的调查。结果表明,曼氏无针乌贼有较高等复杂的性行为,有显著的求偶、争偶及雌雄搏斗现象,乌贼交配对其它乌贼交配有诱导作用;乌贼对附卵基有严格选择,没有充足适宜的附卵基,不仅使乌贼产卵时间延迟、数量减少,而且易被水流冲散、沉入底部致受精卵大量死亡,是影响乌贼繁衍的重要因素;附卵基附卵效果依次为聚乙烯(PE)绳、聚丙烯(PP)绳、钢筋、竹子、木头,颜色依次为黑色、蓝色、红色、黄色,形状依次为圆柱体、正三棱柱体、正长方体、扁长方体,粗度以直径 0.25—0.50cm 为宜,此外附卵基间应有适当空隙;目前,中街山列岛海区柳珊瑚(*Plexaauraa* sp.)生物量为 0.15—0.64 棵/m²,平均生物量为 0.32 棵/m²,资源数量趋于恢复,但远不能适应乌贼资源修复需要。增殖放流试验表明,修复乌贼资源的可能性很大,但在加大增殖放流工作的同时,必须尽快开展产卵场生态环境修复尤其是产卵附着物修复工作。

关键词 曼氏无针乌贼,繁殖行为,附卵基,产卵场修复

中图分类号 Q958.1

曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni* de Rochebrune)俗称墨鱼、目鱼,隶属软体动物门(Mollusca)、头足纲(Cephalopoda)、十腕目(Decapoda)、乌贼科(Sepiidae)、无针乌贼属(*Sepiella*),在我国沿海分布较广,具有很高的经济价值。国内外部分学者先后对曼氏无针乌贼的生物学、繁殖习性、洄游分布、资源状况以及增殖开展过一些研究(张炯等,1965;唐逸民等,1986c;吴耀泉等,1990;张宝琳等,1997;Moltschaniwskyj *et al*, 2000; Koueta *et al*, 2001, 2002; Wang *et al*, 2003; Correia *et al*, 2005)。曼氏无针乌贼曾是我国传统的四大海产之一,浙江历史上最高年产量曾达 6 万多吨,占海洋捕捞产量的 9.3%。20 世纪 70 年代末以来,产量连续降至最低水平,占全省海洋捕捞产量的比重从 60 年代的 9.3%降至 3.0%以下(乌贼资源增殖研究课题组,1986)。80 年代中后期,浙江沿海渔场曼氏无

针乌贼已经无法形成渔汛,并逐步绝迹。修复曼氏无针乌贼资源,逐步恢复我国四大海产,是广大消费者盼望已久的迫切要求,也是海洋渔业工作者的历史使命。

2003 年以来,作者开展了曼氏无针乌贼亲体捕捞、驯化培养与苗种繁育技术研究。2007 年以来,开展了曼氏无针乌贼资源养护关键技术与示范。2007—2009 年在浙江沿海的舟山东极、台州大陈、温州洞头、舟山绿华增殖放流曼氏无针乌贼苗种 1886.89 万粒(头)。2008—2009 年通过海蜒网、定置张网以及潜水采捕作业对曼氏无针乌贼增殖放流效果跟踪调查,增殖放流海区及附近海区均出现了批量幼乌贼、亲乌贼以及受精卵,表明浙江沿海曼氏无针乌贼资源出现了恢复迹象。

1980—1985 年对中街山曼氏无针乌贼产卵场生

* 国家科技支撑计划项目,2007BAD43B00 号;浙江省重大科技专项(优先主题)农业项目,2007C12062 号。吴常文,教授, E-mail: wucw08@126.com

收稿日期:2009-01-15,收修改稿日期:2009-05-31

态环境的调查结果(唐逸民等, 1984, 1986b; 乌贼资源增殖研究课题组, 1986)表明, 由于乌贼拖网在岛屿周围沿海拖捕等原因, 主要的受精卵附着物柳珊瑚被破坏, 数量急剧减少, 乌贼幼体补充数量也由于这些附着物的减少而减少。因此, 在加强增殖放流同时, 必须同步修复产卵场生态环境, 以促进曼氏无针乌贼自然种群的逐步形成。本文通过对曼氏无针乌贼繁殖习性的观测、自然海区曼氏无针乌贼产卵附着物的调查以及不同产卵附着物附卵效果的试验, 进行曼氏无针乌贼产卵场修复的关键技术研究, 以期对曼氏无针乌贼产卵场生态环境的修复保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验样本

试验样本系自行繁育的 F_2 代曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*), 饲养于浙江大海洋科技有限公司秀山苗种繁育基地, 4 个养殖试验池规格均为 $370\text{cm} \times 370\text{cm} \times 140\text{cm}$ 。试验用曼氏无针乌贼胴长范围 $8.3\text{—}11.9\text{cm}$ 、平均胴长 9.2cm , 体重范围 $61.0\text{—}186.5\text{g}$ 、平均体重 104.3g , 雌雄比约为 $3:2$ 。每个养殖试验池养殖 F_2 代曼氏无针乌贼数量 $700\text{—}900$ 头。

1.2 试验观察环境条件

2008 年 4—6 月试验期间, 每天对常规环境因子进行测量, 水温 $19.6\text{—}24.2$, 盐度 $25.2\text{—}26.8$, pH $7.9\text{—}8.3$, 透明度 100cm , 溶解氧 $7.4\text{—}8.8\text{mg/L}$ 。试验观察分别在 4 个养殖试验池与 4 个水族箱($180\text{cm} \times 60\text{cm} \times 60\text{cm}$)内进行, 试验池水位 100cm 、水族箱水位 50cm , 日换水 1 次, 投饵(以拖虾为主)2 次, 清残饵与死亡个体 2 次, 充气增氧。

1.3 繁殖行为试验观察

按需分批从养殖试验池中选取体形完整、活力较强、性腺发育成熟的个体, 移入水族箱进行试验观察。除一般行为观察外, 重点观察求偶表现、争斗现象、交配行为、附着物选择、产卵习性等, 同时还设计开展了相关试验。将水族箱用网(网中间安装有倒须的入口)隔成两部分, 左边约占 $1/3$, 右边约占 $2/3$ 。水族箱左边分别为放 1 头雌乌贼、1 头雄乌贼与不放乌贼, 右边均为一批雌雄比为 $1:1$ 左右的乌贼, 观察右边乌贼进入左边的数量, 并利用乌贼笼在自然海区进行同样试验。在水族箱内, 放入若干头乌贼, 观察光照、昼夜以及产卵附着物设置对乌贼产卵行为的影响。根据繁殖行为试验观察, 结合养殖试验池日

常观察与 1981—1985 年开展的“浙江近海曼氏无针乌贼资源增殖及繁殖保护的研究”情况, 进行一并分析讨论。

1.4 不同产卵附着物附卵效果试验

产卵旺季在养殖试验池内设置不同产卵附着物, 观察 24h 附卵效果。附着物由 $\phi = 0.4\text{cm}$ 钢材加工成 $90\text{cm} \times 25\text{cm}$ 框架, 穿入同规格塑料管内, 框架内分别设置聚乙烯(polyethylene, PE)网、聚乙烯绳、聚丙烯(polypropylene, PP)绳、竹子、木头以及钢筋等, 组成不同的产卵附着物, 在海水中浸泡 1 天后使用。框架两端分设吊挂绳, 在每天换水期间, 将产卵附着物悬挂入池中, 其底边离池底保持 15cm 距离。每种产卵附着物, 分别加工 3—5 片同时进行试验, 重复 3 次。

1.4.1 不同材料产卵附着物 使用聚乙烯绳、聚丙烯绳、竹子、木头以及钢筋 5 种不同材料, 加工成长 26cm 、 $\phi = 0.5\text{cm}$ 的附卵基, 以 15cm 等间距固定到框架上。

1.4.2 不同颜色产卵附着物 使用颜料将长 26cm 、 $\phi = 0.5\text{cm}$ 的竹子依次漆成黑、白、红、绿、蓝、黄颜色, 加上竹子原色共 7 种不同颜色附卵基, 以 11.3cm 等间距固定到框架上。

1.4.3 不同直径产卵附着物 将长 26cm , 直径分别为 0.25 、 0.50 、 0.75 、 1.00 、 1.25 、 1.50 、 1.75 、 2.00cm 的木质附卵基, 以 10cm 等间距固定到框架上。

1.4.4 不同附卵基形状产卵附着物 将竹子附卵基, 分别加工成正三棱柱体、正长方体、扁长方体和圆柱体四种形状, 横截面分别为正三角形(边长 0.6cm)、正方形(边长 0.45cm)、长方形($1.0\text{cm} \times 0.2\text{cm}$)和圆形($\phi = 0.5\text{cm}$), 横截面积均为 0.2cm^2 , 长度均为 26cm , 以 18cm 等间距固定到框架上。

1.4.5 不同聚乙烯网片产卵附着物 使用直径 0.4cm 的聚乙烯绳, 编织成 4.1 、 5.0 、 6.2 、 8.3 、 12.5cm 不同网目大小的网片, 分别固定在产卵附着物框架上。

不同产卵附着物附卵效果, 使用附卵率、附卵量和附卵量比例 3 个指标进行统计分析。

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \times 100\%, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中, \bar{A} 表示某种附卵基平均附卵率(%); a 表示某种附卵基在一次试验中所附卵的数量(粒); b 表示某种产卵附着物在一次试验中所附卵的总量(粒); n 表示试验次数, 本文试验次数 $n = 9$, 下同。

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{nm}, m = 4, 5, 7, 8; \quad x = \frac{y}{2};$$

$$L[0, x] = \frac{M[0, x]}{n} \times 100\%; \quad L[x, y] = \frac{M[x, y]}{n} \times 100\%;$$

$$L[y, \infty) = \frac{M[y, \infty)}{n} \times 100\%;$$

式中, y 表示某种附卵基平均附卵量(粒); m 表示某种产卵附着物包含附卵基的数量, 如不同颜色产卵附着物试验中, 使用 7 种不同颜色附卵基, $m = 7$; $M[0, x]$ 表示某种产卵附着物中, 某种附卵基在 n 次附卵试验中, 其附卵量进入 $0-x$ 范围的次数, 则 $L[0, x)$ 表示某种附卵基的附卵量在 $0-x$ 范围内的次数占总试验次数的比例(%). $L[x, y)$ 、 $L[y, \infty)$ 与 $L[0, x)$ 同理, $L[y, \infty)$ 值愈高说明其附卵优势愈明显。

1.5 自然海区产卵附着物调查

在曼氏无针乌贼繁殖季节, 选择典型产卵场浙江省舟山市中街山列岛海区, 通过潜水方式对自然海区产卵附着物进行调查, 结合 2007—2009 年自然海区受精卵采集情况进行分析。

2 结果与分析

2.1 繁殖习性观察

曼氏无针乌贼有较高等复杂的性行为。在室内饲养的乌贼, 一年内有 2 个繁殖季节, 3—5 月与 9—11 月。在繁殖季节期间, 能发现饲养乌贼有显著的求偶现象, 雄性找到配偶后, 常随雌性游泳、四周保护, 以避免其它雄性的侵扰。当有其它雄性乌贼接近时, 常会发生激烈的争偶现象, 有时还发生搏斗, 与 Wada 等(2006)的研究结果一致。这是一种典型的保证受精率和孵化率的交配策略(Hanlon *et al.*, 1996), 金乌贼(*Sepia esculenta*)、枪乌贼(*Sepioteuthis sepioidea*)等也具有类似行为(刘长琳等, 2009; Hanlon *et al.*, 2002), 但在蛸类中争偶、护卫行为却很少见(Hanlon *et al.*, 1996)。历史上使用的乌贼笼, 就是利用乌贼在笼体(竹子)上产卵与激烈的争偶现象, 设计的一种捕捞渔具。20 世纪 80 年代, 作者在开展“浙江近海曼氏无针乌贼资源增殖及繁殖保护的研究”工作时, 曾做过相关试验(乌贼资源增殖研究课题组, 1986)。在用乌贼笼捕捞时, 在乌贼笼内分别放一只雌乌贼、雄乌贼与不放乌贼, 渔获产量统计结果表明, 放雌乌贼渔获产量最高、放雄乌贼渔获产量次之、不放乌贼渔获产量最低, 这种方式被渔民称为“媒乌贼”。作者

通过水族箱模拟试验也得到了验证。

从饲养乌贼情况看, 乌贼交配对其它乌贼交配还有诱导作用, 在养殖试验池发现有乌贼交配现象后, 往往一批乌贼随后就发生交配行为。如果将刚发现的交配乌贼, 及时移至其它养殖试验池, 大量发生交配现象的时间就会相应延迟。相反, 在没有发生交配现象而性腺发育又相对比较成熟的乌贼养殖试验池, 如放入若干正在交配的乌贼, 就会较快诱导其它乌贼进行交配。乌贼交配以后, 数分钟或更长一些时间, 就开始进行产卵。产卵前, 乌贼先对着附卵基或已附着的卵群进行几下喷水, 有时还用腕抚摸。约 5min 左右, 乌贼就开始产卵并将卵系于附卵基或卵群上, 每隔 1—3min 产一卵。从观察情况看, 卵群也是产卵诱导物, 如正在产卵中将卵群移开, 乌贼会停止产卵且需过些时间才能恢复产卵; 如再将卵群放入池内, 乌贼便会迅速恢复产卵。对于枪乌贼, 其雌性彼此间也具有诱导产卵的现象(Shaw *et al.*, 2004)。乌贼分批产卵, 一个繁殖季节中每日产卵数量呈正态分布, 每日产卵数量最多可达数百粒、一般为几十粒, 产卵期可长达 1 个月左右。

乌贼对产卵场环境尤其是附卵基有严格选择。观察结果表明, 乌贼产卵行为不受昼夜的影响, 无论白天与夜晚均会持续产卵。对光照有一定的敏感性, 趋弱光偏微光, 强烈光照或完全黑暗的环境下乌贼几乎不产卵, 往往会伏在池底部或无规则游动, 这种特性是与其生活环境和生殖习性相适应的(郑美丽等, 1980), 与张炯等(1965)和沈继祥等(1983)的研究结果一致。为了避免卵被水流冲走, 乌贼习惯将卵缚于附卵基或卵群上, 然后才会逐个进行下次附卵, 因此对附卵基有严格要求。在池内有充足适宜的附卵基, 乌贼会将卵比较均匀地缚于附卵基上, 且附着牢固、不易被水流冲散而掉下。在没有设置附卵基情况下, 乌贼会相应延迟产卵时间, 最后只能选择将卵缚于进排水管、池中石块、粗糙池壁等。在这种情况下, 往往附 1 粒卵需要几倍、几十倍的卵柄长度, 如在养殖试验过程中常见到乌贼将卵缚于直径达 10cm 的排水管。唐逸民等(1986a)曾做过试验, 将性成熟乌贼在光滑的水族箱内进行饲养, 结果乌贼也能产卵并将卵附着在一起, 形成一串串“海葡萄”, 但产卵日期会相应延迟、数量会相对减少。由此可见, 没有充足适宜的附卵基, 不仅产卵时间延迟、产卵数量减少, 而且易被水流冲散、甚至埋入泥底、受精卵大量死亡。还有每串“海葡萄”太大, 有时可达 300 粒以上, 被

包在中间的卵发育迟缓甚至腐烂死亡,使孵化率严重降低。这些都给自然海区乌贼资源的繁衍造成了严重障碍。

2.2 不同产卵附着物附卵效果

2.2.1 不同材料产卵附着物附卵效果

从表 1 可见,聚乙烯绳的平均附卵率最高(达 37.8%),每次试验的附卵量全部在 1777 粒以上,附卵优势非常明显。聚丙烯绳平均附卵率大于钢筋,但两者的 $L[1777,]$ 值相同,均为 55.6%,钢筋附卵基附卵量在 889 粒以下的占了很大比例,而在 889 粒到 1777 粒之间的比例又低于聚丙烯绳,因此聚丙烯绳的附卵效果要优于钢筋。经综合比较,附卵效果依次为聚乙烯绳、聚丙烯绳、钢筋、竹子、木头。试验观察表明,附卵基材料表面宜粗糙些,表面光滑则受精卵不易附着,这与赵厚钧等(2004)对日照岚山头近海海域金乌贼的研究结果一致。

2.2.2 不同颜色产卵附着物附卵效果

从表 2 可见,黑色、蓝色和红色的平均附卵率相差不多,分别为 23.0%、21.5%和 20.3%。黑色附卵基附卵 526 粒以上的比例为 100%,附卵效果相对较好,蓝色与红色附卵基附卵效果基本一致。经综合比较,黑色附卵

基的附卵效果最好,蓝色和红色次之,黄色最差。柴敏娟等(1983)研究认为无针乌贼是没有分辨颜色的能力的,其对不同色光的趋性是由实际投射到视网膜上的光功率不同所致,因此即便色盲,乌贼对不同颜色附卵基的趋向行为也会有所不同。关于不同颜色附卵基,李嘉泳(1963)、Fujita 等(1997)、乌贼资源增殖研究课题组(1986)均进行了研究,由于研究种类与研究条件不同,研究结果略有不同,但基本结果是一致的。

2.2.3 不同直径产卵附着物附卵效果

从表 3 可以看出,随着直径的增加,平均附卵率呈下降趋势,当直径 1.00cm 时,平均附卵率为零。直径 0.25cm 附卵基的平均附卵率大于直径 0.50cm,但具相同的附卵量比例 $L[212,]$,均为 100%,因此认为 0.25—0.50cm 直径范围附卵基的附卵效果最好。Fujita 等(1997)用 0.2—0.4cm 直径梯度黑色聚乙烯绳作附卵基研究金乌贼附卵效果,其附卵率为 0.4cm > 0.3cm > 0.2cm。本试验中对 0.25—2.00cm 大直径梯度的附卵效果进行了比较,发现直径 0.25—0.50cm 附卵基具有明显的附卵效果且平均附卵率比较高。唐逸民等(1986b)对中街山列岛曼氏无针乌贼产卵场调查结果

表 1 不同材料产卵附着物附卵效果

Tab.1 Adhesion of *S. maindroni* oosperms on different materials

附卵基材料	聚乙烯绳	聚丙烯绳	钢筋	竹子	木头
\bar{A}	37.8	25.5	17.9	13.5	5.3
$L[0, 889)$	0.0	22.2	33.3	55.6	77.8
$L[889, 1777)$	0.0	22.2	11.1	11.1	11.1
$L[1777,)$	100.0	55.6	55.6	33.3	11.1

表 2 不同颜色产卵附着物附卵效果

Tab.2 Adhesion of *S. maindroni* oosperms on different-colored substrates

附卵基颜色	黑色	蓝色	红色	原色	白色	绿色	黄色
\bar{A}	23.0	21.5	20.3	14.6	11.0	5.1	4.5
$L[0, 263)$	0.0	11.1	11.1	33.3	55.6	66.7	77.8
$L[263, 526)$	0.0	22.2	22.2	0.0	11.1	22.2	11.1
$L[526,]$	100.0	66.7	66.7	66.7	33.3	11.1	11.1

表 3 不同直径产卵附着物附卵效果

Tab.3 Adhesion of *S. maindroni* oosperms on different-sized disks

附卵基直径(cm)	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
\bar{A}	45.2	36.5	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$L[0, 106)$	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$L[106, 212)$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$L[212,)$	100.0	100.0	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

也表明, 乌贼产卵一般会产在 $\leq 0.7\text{cm}$ 以下的枝条状物上, 本试验结果也与之相符。

2.2.4 不同附卵基形状产卵附着物附卵效果 从表 4 可以看出, 除圆柱体附卵基外, 其它 3 种形状附卵基虽然均有附卵, 但无论平均附卵率还是附卵 713 粒以上的附卵量比例均与圆柱体相差甚远。因此, 圆柱体附卵基附卵效果最好, 正三棱柱体和正长方体次之, 扁长方体最差。

2.2.5 不同聚乙烯网片产卵附着物附卵效果 从表 5 中可看出, 4.1cm 网目附卵基的平均附卵率只有 8.2%, 且附卵数量没有大于 5570 粒的, 附卵效果最差; 随着网目增大, 平均附卵率增加, 当网目为 5.0cm 时具有最大平均附卵率; 6.2cm 及更大网目对平均附卵率没有明显影响, 但其 $L[5570,)$ 值已呈现降低趋势。因此, 5.0cm 网目大小附卵基附卵效果最好。目前浙江大海洋科技有限公司生产中使用的附卵网片网目为 2.0—4.0cm, 本试验结果证明, 网目太小或太大均不会达到理想的附卵效果, 5.0cm 网目具有最好的效果。这可能是由于产卵期曼氏无针乌贼平均胴长 4.0—6.0cm, 5.0cm 网目正适合其在网片内穿梭, 便于附卵; 网目太小则乌贼不能充分附卵, 网目太大则同等网片面积的有效附卵网绳较少, 总附卵量也会降低。

2.3 自然海区产卵附着物调查

调查表明, 自然海区曼氏无针乌贼产卵附着物主要为珊瑚、大型海藻及人工遗弃物 3 大类, 其中珊瑚占 60% 以上、人工遗弃物占 30% 左右、海藻基部占 10% 左右。珊瑚主要包括柳珊瑚 *Plexaauraa* sp.、石珊

瑚 *Madreporia*、石花虫厚丛柳珊瑚(海柏)*Polyopes polyideoides* Okam 等, 以柳珊瑚为主体。大型海藻的基部是乌贼产卵附着物, 主要种类有羊栖菜 *Sargassum fusiforme* (Harv.) setch、多枝蜈蚣藻 *Grateloupia ramosissima* Okam.、舌状蜈蚣藻 *Grateloupia livida* (Harv.) Yamada、拟厚膜藻 *Pachymeniopsis euiptica* (Holm.) Yamada、厚膜藻 *Pachymenia carnosa* J. Ag.、草叶马尾藻 *Sargassum graminifolium* Turn.、瓦氏马尾藻 *Sargassum vacheilianum* Grev. 等, 以羊栖菜为主体。人工遗弃物主要有绳索、网片以及竹子、木棒、树枝、钢丝等。20 世纪 80 年代调查时, 由于当时大量使用乌贼笼, 以乌贼笼作为附着物, 占有较大比例, 仅次于珊瑚。

柳珊瑚, 属腔肠动物门, 珊瑚虫纲, 八放珊瑚亚纲的硬轴珊瑚亚目、全轴珊瑚亚目和钙轴珊瑚亚目, 是自然海区乌贼最主要的产卵附着物, 在岩石上附着牢固, 长度一般在 10cm 以下且多具分支, 靠它们的羽状触须捕食, 细小纷杂的触须顺着海里水流的方向生长, 可以捉到海水流动时带来的小型海洋动物和植物。历史上, 浙江沿海外侧岛屿柳珊瑚分布数量较多, 产卵场拥有足够的产卵附着物。20 世纪 70 年代末以来, 由于大量乌贼拖网在岛屿周围海底反复拖捕, 导致柳珊瑚资源受到破坏。从 80 年代初期调查情况来看, 1984 年中街山列岛柳珊瑚平均生物量约 0.27 棵/ km^2 , 柳珊瑚数量分布已经十分稀少。此外, 能作为乌贼产卵附着物的大型海藻, 如羊栖菜、厚膜藻、多枝蜈蚣藻也由于人为大量采集, 使数量急剧减少。80 年代中后期后, 浙江沿海渔场乌贼已经不成渔汛、逐步绝迹, 相应的乌贼拖网也就不存在了, 使柳珊瑚资源数量得以逐步恢复。经初步随机调查, 中街山列岛柳珊瑚生物量为 0.15—0.64 棵/ m^2 , 平均生物量是 0.32 棵/ m^2 , 但大型海藻的资源量没有增加。

3 讨论

为了修复浙江近海曼氏无针乌贼资源, 作者在 2005—2006 年试验性增殖放流基础上, 于 2007—2009 年在浙江沿海的舟山东极、台州大陈、温州洞头、舟山绿华增殖放流乌贼苗种累计 1886.89 万粒(头), 其中 2007 年 123.6 万粒(头)、2008 年 962.80 万粒(头)、2009 年 800.49 万粒(头)。2008—2009 年通过海蛭网、定置张网以及潜水采捕作业对乌贼增殖放流效果跟踪调查, 发现增殖放流海区及附近海区均出现了批量幼乌贼、亲乌贼以及受精卵, 这表明浙江沿海乌贼

表 4 不同附卵基形状产卵附着物附卵效果

Tab.4 Adhesion of *S. maindroni* oosperms on different-shaped bases

附卵基形状	圆柱体	正三棱柱体	正长方体	扁长方体
\bar{A}	78.9	14.5	4.2	2.4
$L[0, 713)$	0.0	55.6	88.9	100
$L[713, 1426)$	0.0	11.1	11.1	0.0
$L[1426,)$	100.0	33.3	0.0	0.0

表 5 不同聚乙烯网片产卵附着物附卵效果

Tab.5 Adhesion of *S. maindroni* oosperms on different-meshed substrates

附卵基网目(cm)	4.1	5.0	6.2	8.3	12.5
\bar{A}	8.2	30.7	20.4	20.4	20.3
$L[0, 2785)$	66.7	11.1	44.4	11.1	11.1
$L[2785, 5570)$	33.3	0.0	0.0	44.4	55.6
$L[5570,)$	0.0	88.9	55.6	44.4	33.3

资源出现了明显的恢复迹象。尤其是 2009 年春夏季, 仅在舟山、台州、温州三个定置张网采样区, 采捕到乌贼 14952 头、计 1869kg, 体重 75—350g、平均 125g 左右。作业渔民普遍认为, 绝迹 20 多年的乌贼重现浙江沿海海区。作者认为, 乌贼生长快, 繁殖周期短, 是非常理想的增殖放流种类。但要修复乌贼资源, 一方面需要继续加大增殖放流工作, 另一方面还要开展产卵场生态环境修复工作, 同时注重乌贼资源保护与可持续利用。

3.1 产卵附着物数量

要修复曼氏无针乌贼资源, 必须修复乌贼产卵场生态环境, 并使乌贼产卵场拥有足够的产卵附着物。以中街山列岛为例, 据调查(唐逸民等, 1984, 1986b; 李星颀等, 1986b; 乌贼资源增殖研究课题组, 1986)结果表明, 由于乌贼拖网在岛屿周围沿海底拖捕等原因, 主要附着物柳珊瑚被破坏, 其数量急剧减少。1980 年调查时发现 41% 的乌贼缺乏产卵附着物, 1983 年柳珊瑚分布数量约 0.5 棵/m², 1984 年调查时已不到 0.27 棵/m², 乌贼幼体补充数量也由于这些附卵物的减少而减少。本次调查发现, 中街山列岛柳珊瑚生物量为 0.15—0.64 棵/m², 平均生物量是 0.32 棵/m², 柳珊瑚资源有些恢复。但大型海藻的资源量没有增加, 人们在海中的遗弃物也在逐渐减少, 更没有乌贼笼投入生产, 远不能适应乌贼产卵需要。按乌贼年残存率 $S = 0.03$ 、捕捞系数 $F = 0.5$ 来计算(李星颀等, 1982), 如果要将乌贼产量修复到 1 万吨(平均体重 200g), 则需要稚乌贼 333333 万头。按孵化率 70% 计算, 则需要 476190 万粒受精卵, 并需要 2381 万棵柳珊瑚等产卵附着物(按每棵柳珊瑚附卵 200 粒计)。因此, 在乌贼增殖放流的同时, 要把乌贼产卵场的修复列入重要议事日程。

3.2 产卵附着物类型

枝状乌贼产卵附着物。用水泥块作基部, 以竹子、木棒、树枝等为乌贼产卵附着基, 简单模仿柳珊瑚结构。该附卵基制作方便, 成本低、宜投放、在海底不易随波移动, 附卵量高, 但使用寿命不长, 每年需要重复投放。

筏式乌贼产卵附着物。模拟筏式养殖形式, 使用绳索、网片等材料作为乌贼产卵附着基, 固定在乌贼产卵场。该附卵基制作方便, 成本低、宜投放、在海区固定不会移动, 附卵量高, 还可随时进行检查, 但使用寿命不长, 每年需要重复投放。

模拟柳珊瑚乌贼产卵附着物。以塑料为原料, 模

拟柳珊瑚形状, 用模具可以大批量生产开发。本乌贼产卵附着物, 能使乌贼均匀地将卵产在附着物上, 解决了附着物上卵粒密度过大、卵粒容易缺氧、阻碍胚胎呼吸等问题, 有效地提高了乌贼卵孵化率。模拟柳珊瑚乌贼产卵附着物, 加工工艺简单, 使用寿命长。

笼式乌贼产卵附着物。一种用于捕获天然乌贼并兼作乌贼增殖鱼礁的渔具, 李星颀等(1986a)曾对其附卵效果做过一些研究。笼式乌贼产卵附着物, 一是使入笼乌贼不死亡、能在笼中生活一些时间、将卵均产在笼体上, 二是笼体在海中稳固设置、不会受风浪影响而滚动、使附着在笼体上的乌贼卵顺利孵化, 提供一种生态友好的生态型乌贼笼。

3.3 产卵附着物保护

长期以来, 曼氏无针乌贼产卵场生态环境尤其是产卵附着物受到严重破坏, 当前急需重视产卵附着物的保护工作。对乌贼产卵场生境健康进行评价, 注重产卵场生态环境修复技术研究, 加强产卵场生态环境保护。以柳珊瑚为重点, 通过对柳珊瑚生物学习性的研究, 加强柳珊瑚资源培育工作, 使产卵场的自然产卵附着物能迅速增加。开展人工乌贼产卵场建设, 因地制宜选用枝状、筏式、笼式或模拟柳珊瑚乌贼产卵附着物。选择历史上典型乌贼产卵场, 目前生态环境条件又相对较好的区域, 设立乌贼产卵场保护区, 永久性禁止底拖网作业, 在乌贼繁殖期间与受精卵孵化等关键阶段, 设立禁渔区和禁渔期, 对产卵群体和补充群体实行重点保护。

加强对乌贼产卵场生态环境尤其是产卵附着物的评价与动态监测研究。

4 小结

(1) 曼氏无针乌贼生长快, 繁殖周期短, 是非常理想的增殖放流种类。经近年来增殖放流试验表明, 修复乌贼资源的可能性很大, 但在继续加大增殖放流工作的同时, 必须尽快开展产卵场生态环境修复尤其是产卵附着物修复工作, 同时注重乌贼资源保护与可持续利用。

(2) 曼氏无针乌贼有较高等复杂的性行为。在繁殖季节期间, 能发现饲养乌贼有显著的求偶、争偶、雌雄搏斗现象, 经试验表明历史上使用的乌贼笼, 就是利用乌贼在笼体(竹子)上产卵与剧烈的争偶现象设计的一种捕捞渔具。

(3) 乌贼交配对其它乌贼交配有诱导作用。乌贼对产卵场环境尤其是附卵基有严格选择, 习惯将卵

缚于附卵基或卵群上, 然后才会逐个进行下次附卵。没有充足适宜的附卵基, 不仅会使乌贼产卵时间延迟、产卵数量减少, 而且受精卵易被水流冲散、甚至埋入泥底、大量死亡, 是影响乌贼繁衍的重要因素。

(4) 通过室内养殖池试验表明, 附卵基附卵效果依次为聚乙烯绳、聚丙烯绳、钢筋、竹子、木头, 颜色依次为黑色、蓝色、红色、黄色, 形状依次为圆柱体、正三棱柱体、正长方体、扁长方体, 粗度以直径 0.25—0.50cm 为宜, 此外附卵基间应有适当空隙, 以便于乌贼在产卵附着物内穿梭、便于附卵, 空隙太小则乌贼不能充分附卵。

(5) 自然海区曼氏无针乌贼产卵附着物主要为珊瑚、大型海藻及人工遗弃物 3 大类, 其中珊瑚占 60% 以上、人工遗弃物占 30% 左右、海藻基部占 10% 左右。经初步随机调查, 中街山列岛柳珊瑚生物量为 0.15—0.64 棵/m², 平均生物量是 0.32 棵/m², 柳珊瑚资源数量趋于恢复, 大型海藻资源没有增加, 还远不能适应乌贼资源修复的需要。

参 考 文 献

- 乌贼资源增殖研究课题组, 1986. 浙江近海曼氏无针乌贼资源增殖及繁殖保护的研究. 浙江水产学院学报, 5(2): 99—104
- 刘长琳, 庄志猛, 陈四清等, 2009. 金乌贼亲体驯养与繁殖特性研究. 渔业现代化, 36(2): 34—42
- 李星颢, 戴健寿, 1982. 曼氏无针乌贼的人工孵化及其在资源增殖中作用的估计. 海洋渔业, (1): 2—6
- 李星颢, 戴健寿, 马利青等, 1986a. 不同形式的附卵器对曼氏无针乌贼附卵效果的试验. 浙江水产学院学报, 5(2): 109—113
- 李星颢, 戴健寿, 童登勇, 1986b. 曼氏无针乌贼附卵区的生态环境调查. 浙江水产学院学报, 5(2): 121—124
- 李嘉泳, 1963. 金乌贼 *Sepia esculenta* Hoyle 在黄渤海的结群生殖和洄游. 山东海洋学院报, 5(2): 69—108
- 吴耀泉, 唐质灿, 1990. 黄河口及莱州湾海域曼氏无针乌贼的群体组成和洄游分布. 水产学报, 14(2): 149—152
- 沈继祥, 叶益民, 1983. 色光下无针乌贼的趋光行为. 浙江水产学院学报, 2(2): 123—130
- 张 炯, 卢伟成, 1965. 曼氏无针乌贼繁殖习性的初步观察. 水产学报, 2(2): 35—43
- 张宝琳, 孙道元, 毕洪生等, 1997. 胶州湾及邻近水域曼氏无针乌贼的生长和季节分布. 海洋科学, 20(5): 61—64
- 郑美丽, 肖金华, 郑微云等, 1980. 曼氏无针乌贼的趋光特性. 厦门大学学报(自然科学版), 19(3): 91—99
- 赵厚钧, 魏邦福, 胡 明等, 2004. 金乌贼受精卵孵化及不同材料附着基附卵效果的初步研究. 海洋湖沼通报, 26(3): 64—68
- 柴敏娟, 郑微云, 1983. 无针乌贼色觉的初步探讨. 海洋科学, (1): 36—39
- 唐逸民, 徐汉祥, 郑佩玉等, 1984. 中街山曼氏无针乌贼产卵场生态环境及其资源保护. 浙江水产学院学报, 3(2): 131—140
- 唐逸民, 吴常文, 周江华, 1986a. 影响曼氏无针乌贼卵孵化的因子及其保护. 浙江水产学院学报, 5(2): 147—154
- 唐逸民, 郑佩玉, 吴常文等, 1986b. 中街山曼氏无针乌贼产卵场生态环境及其资源保护. 浙江水产学院学报, 5(2): 125—138
- 唐逸民, 吴常文, 1986c. 曼氏无针乌贼生物学特性及渔场分布变化. 浙江水产学院学报, 5(2): 165—170
- Correia M, Domingues P M, Sykes A *et al*, 2005. Effects of culture density growth and broodstock management of the cuttlefish, *Sepia officinalis*. *Aquaculture*, 245: 163—173
- Fujita T, Hirayama I, Matsuoka T *et al*, 1997. Spawning behavior and selection of spawning substrate by cuttlefish *Sepia esculenta*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 63(2): 145—151
- Hanlon R T, Messenger J B, 1996. *Cephalopod Behaviour*. Cambridge: Cambridge University Press, 91—97, 101—110, 125—127, 135
- Hanlon R T, Smale M J, Sauer W H H, 2002. The mating system of the squid *Loligo vulgaris reynaudii* (Cephalopoda, Mollusca) off South Africa: fighting, guarding, sneaking, mating and egg laying behavior. *Bull Mar Sci*, 71(1): 331—345
- Koueta N, Camou E B, 2001. Basic growth relations experimental rearing of early juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 265: 75—87
- Koueta N, Camou E B, Noel B, 2002. Effect of enriched natural diet on survival and growth of juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. *Aquaculture*, 203: 293—310
- Moltschaniwskyj N A, Jackson G D, 2000. Growth and tissue composition as a function of feeding history in juvenile cephalopods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 253: 229—241
- Shaw P W, Sauer W H H, 2004. Evidence for multiple paternity and complex fertilization dynamics in the squid *Loligo vulgaris reynaudii*. *Mar Ecol Prog Ser*, 270: 173—179
- Wada T, Takegaki T, Tohru M *et al*, 2006. Reproductive behavior of the Japanese spineless cuttlefish *Sepiella japonica*. *Venus*, 65(3): 221—228
- Wang J, Pierce G J, Boyle P R *et al*, 2003. Spatial and temporal patterns of cuttlefish (*Sepia officinalis*) abundance and environmental influences—a case study using trawl fishery data in French Atlantic coastal, English Channel, and adjacent waters. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 1149—1158

REPRODUCTIVE AND SPAWNING HABITS OF *SEPIELLA MAINDRONI* OFF ZHEJIANG, CHINA

WU Chang-Wen^{1,2}, DONG Zhi-Yong², CHI Chang-Feng², DING Feng²

(1. Key Laboratory of Molecular Biophysics, Ministry of Education of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074; 2. Zhejiang Ocean University, Key Laboratory of Mariculture Equipments and Engineering Technology of Zhejiang Province, Zhoushan, 316004)

Abstract Reproductive and spawning habits of *Sepiella maindroni* de Rochebrune were studied for understanding the animal's reproduction in Zhongjieshan Waters off Zhejiang, China, one of the spawning grounds. Factors affecting the oosperms adhesion on different substrates were examined, including material type, color, size, and shape. The sexual behavior of the animal from displaying, fighting, mating, spawning, were observed complicated. Study shows that *S. maindroni* are very picky for the substrates. Unfavorable substrates would not only affect the egg laying amount, but also the survival rate of oosperms. The preferable conditions are as follows: polyethylene (PE) > polypropylene (PP) > steel > bamboo > wood in material; black > blue > red > yellow in color; cylinder > triangular prism > rectangular prism > wafery rectangular prism in shape; and diameter of 0.25—0.50cm. At present, the biomasses of coral *Plexaauraa* sp. are between 0.15—0.64 ind/m² in average of 0.32 ind/m², showing a trend of enhancement; however, it is still far more satisfactory for the cuttlefish resource recovery. Practice of releasing and enhancement has been proven very feasible to restore the cuttlefish natural habitat. Meanwhile, repairing the spawning grounds by providing favorable adhesion substrates is suggested in the future.

Key words *Sepiella maindroni*, Reproductive behavior, Adhesion substrates, Spawning grounds rehabilitation