

浙江近海曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*) 繁殖生物学特性变化研究*

吴常文 周超 郭宝英 张建设

(浙江海洋学院海洋科学学院 国家海洋设施养殖工程技术研究中心 舟山 316004)

摘要 采用常规生物学方法和统计回归分析方法,对浙江近海曼氏无针乌贼的繁殖生物学特性进行了研究,比较了不同时期浙江近海曼氏无针乌贼卵巢成熟系数(*GSI*)、生物学体型及个体生殖力与生物学指标关系。结果表明,浙江近海曼氏无针乌贼 *GSI* 在 4 月份达到最高(9.51%±7.23%),相比 20 世纪 60 年代初、80 年代初,自然海域曼氏无针乌贼的性腺发育提前,且生殖期延长。20 世纪 80 年代初曼氏无针乌贼的生物学体型、怀卵量及个体生殖力均大于 60 年代初和自然海域曼氏无针乌贼,同时曼氏无针乌贼在人工养殖条件下生物学体型、怀卵量及个体生殖力增大。浙江近海曼氏无针乌贼的个体生殖力均随着胴长(*ML*)、体质量(*W*)、卵巢质量(*W_o*)、*GSI* 这些指标的增大而增大,除体质量相对生殖力(*F_w*)与 *ML* 为密切正相关外,个体生殖力与这些指标的关系均达到了极显著水平($P<0.01$)。多元线性逐步回归分析表明,*W_o* 是影响浙江近海曼氏无针乌贼个体生殖力的最重要指标。

关键词 曼氏无针乌贼,性腺成熟系数,个体生殖力,繁殖生物学,变化

中图分类号 Q955

曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni* de Rochebrune) 俗称墨鱼、日本无针乌贼,隶属软体动物门(Mollusca)、头足纲(Cephalopoda)、二鳃亚纲(Dibranchia)、十腕目(Decapoda)、乌贼超科(Sepiacea)、乌贼科(Sepiidae)、无针乌贼属(*Sepiella*),在我国沿海分布较广,曾是我国“四大海产”之一,具有较高的经济价值。自 20 世纪 70 年代末以来,由于对浙江近海海域曼氏无针乌贼的过度捕捞和乌贼产卵场的破坏,最终导致舟山渔场曼氏无针乌贼资源无法形成渔汛,并濒临绝迹。随着曼氏无针乌贼人工育苗技术的突破(常抗美等, 2009),曼氏无针乌贼的增殖放流及其产卵场的保护和修复工作逐步展开,自然海域曼氏无针乌贼资源出现了明显的恢复迹象(吴常文等, 2010)。

20 世纪 60—80 年代,有关曼氏无针乌贼的研究主要集中在资源、洄游分布、繁殖生物学等方面(唐逸民等, 1986; 吴耀泉等, 1990; 李星颀等, 1982, 1985,

1986; 张炯等, 1965; 龚启祥等, 1988),近几年分子生物学、养殖生理、生态学等方面的研究(宋微微等, 2009; 常抗美等, 2008; 吴常文等, 2009; 吴丹华等, 2010; 尹飞等, 2005)也逐步展开。目前,涉及养殖条件下曼氏无针乌贼的生殖系统组织学(蒋霞敏等, 2010)和繁殖生物学特性(张建设等, 2011)也已进行了研究,但随着曼氏无针乌贼自然资源的逐步恢复,其在当前野生条件下的繁殖生物学特性尚未见报道。本文对浙江近海曼氏无针乌贼的繁殖生物学特性进行了研究,旨在为曼氏无针乌贼种群资源的增殖及资源保护与可持续利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

实验样品于 2009 年 8 月—2011 年 8 月采自浙江省舟山市东极镇、六横镇、嵊泗县、黄龙乡、岱山县高亭镇,台州市大陈镇,温州市洞头县等七个浙江沿

* 国家国际科技合作项目, 2009DFB20290 号; 国家科技支撑计划, 2011BAD13B08 号; 国家自然科学基金项目, C190702 号。吴常文, 教授, E-mail: wucw08@126.com

收稿日期: 2011-10-09, 收修改稿日期: 2011-12-30

海地区采样点。每半个月自各采样点分别随机选取30头雌性乌贼进行相关测定。

1.2 样品生物学指标的测定

1.2.1 卵的测定 用游标卡尺对采集到卵的长径和短径进行测量,并用电子天平对其重量进行测定。

1.2.2 卵巢成熟系数(GSI)测定 在新鲜状态下对采集到的曼氏无针乌贼样本进行相关生物学指标测定:用游标卡尺对乌贼胴长(ML, cm)进行测量,用电子天平对其体质量(W, g)和卵巢质量(W_o, g)等常规生物学性状进行测定。对采集到的样品进行解剖,根据龚启祥等(1988)的期卵巢发育理论判定卵巢的发育时期。

$$\text{成熟系数}(GSI) = W_o/W \times 100\%$$

1.2.3 怀卵量的测定 曼氏无针乌贼个体怀卵量(F)指亲体在生殖季节卵巢能形成的卵子数。本文采用李星颢等(1985)的方法进行测定,卵粒计数应用重量测定法:用精密分析天平先称出卵巢内未成熟卵子的总重量,然后再取其中1g,对其计数,并依此换算为整个卵巢内的卵子数。

体长相对生殖力和体质量相对生殖力的计算亦采用李星颢等(1985)的方法进行,分别为亲体的怀卵量(F)与胴长(ML)、体质量(W)的比值。

$$\text{体长相对生殖力}(F_{ML}) = F/ML$$

$$\text{体质量相对生殖力}(F_W) = F/W$$

$$\text{饱满度}(CF) = (W/ML^3) \times 100$$

1.2.4 绝对生殖力的测定 曼氏无针乌贼的绝对生殖力(F_a)指雌性个体在生殖季节开始产卵时输入输卵管中的成熟卵子数(李星颢等, 1985),用精密分析天平称量输卵管内成熟卵子的总重量,然后再取其中1g,对其计数,并换算成整个输卵管内的成熟卵子数。

1.2.5 数据处理与分析 运用 Microsoft Excel 2007 对测量得到的生物学数据进行汇总,用 SPSS17.0 软件对野生曼氏无针乌贼个体生殖力与各项生物学

指标进行线性函数、幂函数、指数函数、对数函数、Logistic 五种函数模型单一回归方程拟合,决定系数(R²)最大者为最佳拟合回归方程,此外同时进行多元回归分析。采用 Origin 8.0 软件对处理得到的数据进行绘图。实验相关数据以平均数 ± 标准差表示。

2 结果

2.1 曼氏无针乌贼生物学体型及卵体积变化研究

将 20 世纪 60 年代初、80 年代初浙江近海曼氏无针乌贼以及养殖曼氏无针乌贼性成熟个体的繁殖生物学数据与本文研究结果进行比较(表 1),由表 1 可知,20 世纪 80 年代初性成熟曼氏无针乌贼的胴长平均值最大,为 153mm;体质量平均值最高,为 280g;卵粒较大,长径和短径范围分别为 7.50—15.00mm、6.50—9.00mm。与养殖曼氏无针乌贼相比,野生曼氏无针乌贼性成熟个体的胴长范围更大,体重差异也更大。人工养殖条件下的曼氏无针乌贼产出的卵相对偏小,长径范围仅为 8.07—8.90mm,短径范围仅为 4.73—5.47mm。

2.2 曼氏无针乌贼卵巢成熟系数(GSI)变化研究

在调查期间,曼氏无针乌贼的卵巢自 9 月份从体腔膜上明显隆起,此后,随时间延长乌贼的卵巢逐渐变大,GSI 逐渐升高,至次年 4 月份时达到最高值 9.51%±7.23%。4—8 月为乌贼繁殖期,进入繁殖期后,乌贼的成熟卵子跌入生殖腔,GSI 亦随时间延长而降低(图 1)。

2.3 曼氏无针乌贼怀卵量和生殖力变化研究

由不同时期曼氏无针乌贼怀卵量和生殖力比较(表 2)可知:20 世纪 80 年代初曼氏无针乌贼的怀卵量均值最大(2086 粒),绝对生殖力、体长相对生殖力和体质量相对生殖力均值均为最高,分别为 447 粒、156.74 粒/cm、8.63 粒/g。与养殖曼氏无针乌贼相比,当前野生曼氏无针乌贼绝对生殖力差异不大,但其

表 1 不同时期性成熟曼氏无针乌贼胴长、体重及卵粒大小比较
Tab.1 The mantle length, weight and eggs of *S. maindroni* in different period

指标		60 年代初野生	80 年代初野生	野生	人工养殖
胴长(mm)	范围	61—150	115—185	59—171	124—134
	平均值	89.2	153	103.5 ± 17.81	—
体重(g)	范围	45—574	115—450	39.5—354.0	159.4—174.4
	平均值	117.50	280	135.14 ± 59.126	—
卵粒大小(mm)	长径	10.00	7.50—15.00	8.67—8.95	8.07—8.90
	短径	6.00	6.50—9.00	5.17—5.58	4.73—5.47

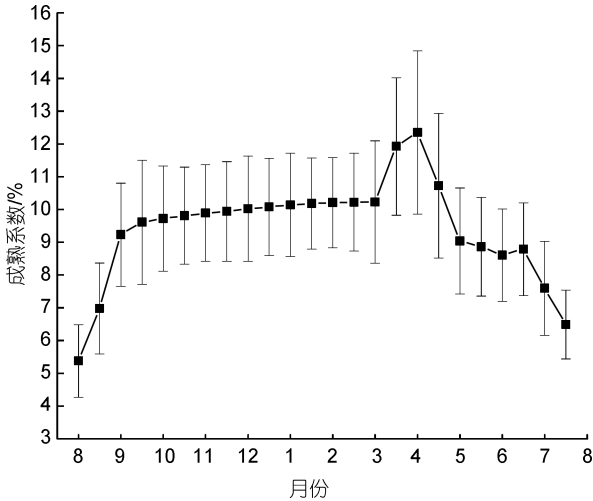


图 1 野生曼氏无针乌贼雌体成熟系数变化

Fig.1 Changes of gonadosomatic indices (GSI) in female *S. maindroni*

怀卵量均值较小, 仅为(912.0±600.4)粒, 体长相对生殖力和体质量相对生殖力均较低, 均值仅分别为(80.35±50.1)粒/cm 和(6.56±4.90)粒/g。

2.4 曼氏无针乌贼生殖力与各生物学指标的单关系变化研究

对曼氏无针乌贼生殖力与各生物学指标进行回归分析, 分别得到 F 、 F_a 、 F_{ML} 、 F_W 与 ML 、 W 、 CF 、 W_o 、 GSI 的五种函数回归方程, 选出拟合最好的函数关系, 即决定系数(R^2)最大者列于表 3。由表 3 可知, 曼氏无针乌贼的个体生殖力与 ML 、 W 、 W_o 、 GSI 这些指标均呈正相关关系。除 F_W 与 ML 为显著正相关外, 个体生殖力与这些指标的关系均达到了极显著水平($P<0.01$)。 F_{ML} 和 F_W 与 CF 为显著负相关($P<0.05$), 而其它生殖力指标则与 CF 关系不显著($P>0.05$)。

表 2 曼氏无针乌贼的怀卵量和生殖力

Tab.2 The number of eggs and fecundity of *S. maindroni*

指标	60 年代初野生		80 年代初野生		野生		养殖春苗		养殖秋苗	
	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值
怀卵量(粒)	572—977	800	1216—4316	2086	112—2980	912.0±600.4	450—3650	1428.7±947.6	500—4460	1695.7±1089.9
绝对生殖力(粒)	110—220	175	55—1590	447	22—1571	391.2±2.5	60—810	243.2±207.2	75—1050	357.5±271.1
体长相对生殖力(粒/cm)	65.13—112.16	97.60	94.78—189.17	156.74	2.69—219	80.35±50.1	46.6—243.3	110.0±55.5	48.5—309.7	140.0±68.61
体质量相对生殖力(粒/g)	1.70—12.71	6.81	7.54—12.77	8.63	0.25—49.37	6.56±4.90	3.69—12.81	7.21±2.33 ^A	3.85—20.34	9.33±3.29 ^B

注: 上标 A、B 表示两者差异极显著

表 3 曼氏无针乌贼个体生殖力与各生物学指标的回归方程

Tab.3 Regressions equation of individual fecundity of *S. maindroni* on body characteristics indices

	F	F_a	F_{ML}	F_W
ML	$F = 816.327 \ln(ML) - 1041.757$ $P<0.01, R^2 = 0.115$	$F_a = 56.476ML^{0.729}$ $P<0.01, R^2 = 0.477$	$F_{ML} = 77.866e^{0.019ML}$ $P<0.01, R^2 = 0.625$	$F_W = 0.69ML - 1.56$ $P<0.05, R^2 = 0.615$
W	$F = 6.472W - 24.530$ $P<0.01, R^2 = 0.414$	$F_a = 1.929W + 133.685$ $P<0.01, R^2 = 0.214$	$F_{ML} = 0.425W + 23.641$ $P<0.01, R^2 = 0.256$	$F_W = 3.185 \ln W + 21.811$ $P<0.01, R^2 = 0.218$
CF	$P>0.05$	$P>0.05$	$F_{ML} = 3099.6CF^{-0.292}$ $P<0.05, R^2 = 0.601$	$F_W = -0.474CF + 12.643$ $P<0.05, R^2 = 0.472$
W_o	$F = 59.057W_o + 86.832$ $P<0.01, R^2 = 0.667$	$F_a = 72.1966W_o^{0.628}$ $P<0.01, R^2 = 0.381$	$F_{ML} = 4.419W_o + 24.107$ $P<0.01, R^2 = 0.536$	$F_W = 2.329W_o^{0.363}$ $P<0.01, R^2 = 0.180$
GSI	$F = 93.211GSI^{0.917}$ $P<0.01, R^2 = 0.443$	$F_a = 54.659GSI^{0.815}$ $P<0.01, R^2 = 0.333$	$F_{ML} = 10.583GSI^{0.856}$ $P<0.01, R^2 = 0.435$	$F_W = 0.563GSI + 1.204$ $P<0.01, R^2 = 0.690$

2.5 曼氏无针乌贼生殖力与各生物学指标的多维关系变化研究

对曼氏无针乌贼的生殖力与各生物学指标进行逐步回归分析, 分别将 F 、 F_a 、 F_{ML} 、 F_W 与 ML 、 W 、 CF 、 W_o 、 GSI 采用线性函数建立较优的个体生殖力多元回归方程(表 4)。分析表明: 由于自然海域中曼氏无针乌贼饵料的不均匀分布, 造成曼氏无针乌贼个体间性腺发育差异较大, W_o 成为影响曼氏无针乌

贼生殖力的最重要指标, F 、 F_a 、 F_{ML} 均随着 W_o 的增大而提高, 而 F_W 则与 GSI 极显著正相关($P<0.01$)。

3 讨论

生物的某些繁殖特性具有较大的可塑性, 在人工养殖条件下繁殖特点很容易发生变化(Pampoulie et al, 2000)。成熟系数的变化在一定程度上反映了性腺发育的消长规律, 成熟系数的变化研究对于繁殖季

表 4 曼氏无针乌贼个体生殖力与各生物学指标的多元逐步回归方程
Tab.4 Multiple stepwise regressions equation of individual fecundity of *S. maindroni* on body characteristics indices

指标	野生曼氏无针乌贼	人工养殖曼氏无针乌贼	
		春苗	秋苗
F	$F = 80.728W_O - 27.579CF - 2.897W - 11.033GSI + 656.218$ $P < 0.01, R^2 = 0.692$	$F = 459.42ML + 115.19CF - 5297.38$ $P < 0.01, R^2 = 0.840$	$F = 439.10ML - 3280.81$ $P < 0.01, R^2 = 0.701$
F_a	$F_a = 17.785W_O + 164.523$ $P < 0.01, R^2 = 0.353$	$F_a = 21.54W_O - 12.78CF + 80.73$ $P < 0.01, R^2 = 0.866$	$F_a = 19.01W_O - 36.48CF + 463.94$ $P < 0.01, R^2 = 0.739$
F_{ML}	$F_{ML} = 7.029W_O - 0.389W - 0.555ML - 0.699GSI + 55.269$ $P < 0.01, R^2 = 0.592$	$F_{ML} = 0.64W - 7.04$ $P < 0.01, R^2 = 0.779$	$F_{ML} = 26.08ML - 155.55$ $P < 0.01, R^2 = 0.624$
F_W	$F_W = 503GSI - 0.025W + 0.126W_O - 0.157CF + 5.564$ $P < 0.01, R^2 = 0.719$	$F_W = 0.72ML - 1.41$ $P < 0.01, R^2 = 0.563$	$F_W = -0.75CF + 18.07$ $P < 0.01, R^2 = 0.253$

节的确定及研究人工繁殖技术都具有重要现实意义。曼氏无针乌贼在人工养殖条件下已经由一年生变成一年两茬,春苗 4—5 月份产出, GSI 在 8 月份左右达到最大值, 8—10 月份为繁殖期; 秋苗 10—11 月产出, GSI 在 3 月份左右达到最大值, 3—5 月份为繁殖期(张建设等, 2011)。20 世纪 60 年代初、80 年代初野生曼氏无针乌贼在 10 月上旬性腺开始发育, 10 月份至次年 2 月份性腺发育到卵巢期, 3 月上旬卵巢发育进入期, 4—6 月份进入繁殖期, GSI 在 4 月份达到最大值(黄建动等, 1962; 乌贼资源增殖研究课题组, 1986)。本文研究发现, 浙江近海海域曼氏无针乌贼的卵巢 9 月份已经开始从体腔膜上明显隆起, 至次年 4 月份时达到最高值, 4—8 月为繁殖期。分析发现, 相比 20 世纪 60 年代初、80 年代初野生曼氏无针乌贼, 自然海域曼氏无针乌贼的性腺发育提前, 且繁殖期延长; 相比养殖曼氏无针乌贼, 自然海域曼氏无针乌贼繁殖期亦相对延长。自然海域曼氏无针乌贼性腺发育的提前可能与 2007 年以来浙江海洋学院开展的曼氏无针乌贼增殖放流工作有关。增殖放流工作的开展使浙江近海每年获得大量的乌贼卵和幼体, 由于物种的繁殖特性具有可塑性, 曼氏无针乌贼在自然海域中转为一年生。但养殖曼氏无针乌贼的卵和幼体在投放自然海域后, 其繁殖特性的改变存在缓冲期, 缓冲期的存在造成自然海域曼氏无针乌贼性腺发育的提前。自然海域曼氏无针乌贼的生殖期较 20 世纪 60 年代初、80 年代初野生曼氏无针乌贼延长, 这可能是由于自然海域曼氏无针乌贼资源量在大幅度减少的情况下, 同生态位生物群体逐渐取代曼氏无针乌贼, 进而加剧了曼氏无针乌贼群体的摄食压力。为增加产卵量, 乌贼个体进行自身调节, 改变生殖策略, 延长繁殖期; 相较养殖条件, 曼氏无针乌贼在自然海域水温低、饵料稀少等不良条件影响下, 通过延长生殖期来保证产卵量。自然海域曼氏无针乌贼的这些改变正

是种群为延续和繁殖而适应环境的特性体现。

本文研究发现, 20 世纪 80 年代初繁殖季节性成熟曼氏无针乌贼的胴长和体重等生物学指标均大于 60 年代初和自然海域性成熟曼氏无针乌贼, 由此推测自 60 年代初到 80 年代初浙江近海繁殖季节性成熟曼氏无针乌贼的胴长和体重逐渐上升, 80 年代初至今逐渐下降。渔场生态是动态变化的, 一旦失去平衡, 就会发生非常严重的连锁性反应。20 世纪 50 年代以来, 渔民生产方式及渔获对象的转变造成性成熟曼氏无针乌贼生物学体型的变化。50 年代中后期渔民开始捕捞曼氏无针乌贼, 由于捕捞方式主要以小型捕捞工具和较小规模的渔法为主, 乌贼群体依旧保持较高的密度状态, 造成饵料相对稀少, 最终导致性成熟曼氏无针乌贼个体的胴长和体重偏小。70 年代中期渔民对曼氏无针乌贼的捕捞强度逐渐加大, 同时对产卵场外围待产卵亲乌贼进行劫捕, 种群的生长型和补充型遭到严重破坏。20 世纪 80 年代初期曼氏无针乌贼群体数量已大量减少, 其饵料基础相对转好, 幼乌贼生长速度加快, 性成熟曼氏无针乌贼个体的胴长和体重增大。80 年代中后期曼氏无针乌贼种群数量继续下降至灭绝边缘, 曼氏无针乌贼的生态位被取代, 进一步加剧了曼氏无针乌贼的摄食压力, 造成繁殖季节性成熟曼氏无针乌贼个体的胴长和体重变小。另一方面, 近几年随着对曼氏无针乌贼增殖放流工作的加大, 自然海域曼氏无针乌贼的性腺发育提前, 乌贼幼体用于生长发育时间缩短, 这也可能是导致繁殖季节性成熟曼氏无针乌贼胴长和体重变小的原因。而养殖曼氏无针乌贼在适宜的水温条件下获得充足的高蛋白饵料, 加之避免了野生群体在自然海域中所遭受的同生态位物种的摄食压力, 这些条件的综合作用使养殖曼氏无针乌贼幼体充分生长发育, 进而使性成熟时养殖曼氏无针乌贼的胴长和体重重要大于野生曼氏无针乌贼。这种现象完全符

合生物种群自然调节的一般规律(尼科里斯基, 1962)。

正如生物的其它数量性指标一样, 个体生殖力是遗传和环境共同作用的结果(倪海儿, 2000)。小黄鱼作为浙江四大海产之一, 在种群资源急剧衰退的过程中其个体生殖力与种群性成熟个体的生物学体型呈正相关关系(水柏年, 2000)。张建设等(2011)研究发现人工养殖曼氏无针乌贼的怀卵量和生殖力与生物学体型亦呈正相关关系, 故推测野生曼氏无针乌贼怀卵量和生殖力也存在这种变化趋势。本文根据对曼氏无针乌贼怀卵量和生殖力的研究结果, 推测自 20 世纪 60 年代初到 80 年代初繁殖季节性成熟曼氏无针乌贼的怀卵量和生殖力逐步上升, 80 年代初至今逐步下降。曼氏无针乌贼在养殖条件下生物学体型变大, 作为投入大量精力以确保后代快速成长的 K 对策生物, 卵巢亦相应变大, 同时分析发现养殖曼氏无针乌贼卵体积较野生曼氏无针乌贼卵体积变小, 最终综合作用造成养殖曼氏无针乌贼的个体怀卵量和生殖力大于野生曼氏无针乌贼。虽然养殖曼氏无针乌贼的怀卵量较大, 但研究发现野生曼氏无针乌贼卵的质量较高, 其孵化率要显著高于养殖曼氏无针乌贼(蒋霞敏等, 2010)。

采用拟合函数的方法研究个体生殖力和生物学指标的关系已在许多水产动物得到应用, 非洲西北部沿海的欧洲乌贼(*Loligo vulgaris*)的怀卵量与胴体长呈幂函数关系(Laptikhovskiy, 2000); 桔背乌贼(*Sthenoteuthis pteropus* Steenstrup)的怀卵量与胴体长和体重均呈幂函数关系(Laptikhovskiy et al, 2005); 嘉庚蛸(*Octopus tankahkeei*)个体绝对生殖力与体长、湿体重这 2 个指标均呈幂函数相关(尤仲杰等, 2006); 人工养殖曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)的怀卵量与体重呈幂函数关系(张建设等, 2011)。研究结果表明, 多个函数模型可用来描述野生曼氏无针乌贼的生殖力与各生物学指标及 GSI 、 CF 的关系。野生曼氏无针乌贼的生殖力与 ML 、 W 、 W_0 均呈正相关关系($P < 0.01$)。李星颀等(1985)对 20 世纪 80 年代初野生曼氏无针乌贼的怀卵量及生殖力与 ML 、 W 等生物学指标进行了简单的线性函数关系拟合, 研究发现 F 、 F_a 和 F_{ML} 均与 ML 或 W 呈正相关关系; 养殖曼氏无针乌贼春苗和秋苗的 F 、 F_a 、 F_M 与 ML 、 W 、 W_0 均呈极显著正相关关系($P < 0.01$), 秋苗的 F_w 与 ML 呈密切正相关(张建设等, 2011), 这些研究结果与本文研究结果基本相一致。养殖曼氏无针乌贼的生殖力与 CF 均呈极显著负相关(张建设等, 2011), 而野生曼氏无针

乌贼仅 F_{ML} 与 CF 呈显著负相关。多元逐步回归分析已在水产动物中被用来进行个体生殖力与各生物学指标的综合关系研究(倪海儿等, 1995; 倪海儿, 2000; 张健东等, 2002; 尤仲杰等, 2006; 覃亮等, 2009; 张建设等, 2011), 本文的多元线性逐步回归分析表明, 野生曼氏无针乌贼个体生殖力主要受 W_0 和 CF 的影响, W_0 是影响野生曼氏无针乌贼怀卵量的最重要指标; 而养殖曼氏无针乌贼个体生殖力主要受到 ML 和 CF 的影响, ML 是影响养殖曼氏无针乌贼怀卵量的最重要指标(张建设等, 2011)。曼氏无针乌贼作为 K 对策者, 在其个体变小后, 由于其卵的体积和重量不会发生太大变化, W_0 则成为影响野生曼氏无针乌贼怀卵量最重要指标; 而养殖曼氏无针乌贼在适宜的养殖条件下幼体充分生长发育, 在缩短的生长周期里 W_0 与 ML 的生长成正比, 并随着后者的增大而增大, 进而个体生殖力随着 ML 的快速增加而增大, 故 ML 成了影响人工养殖曼氏无针乌贼个体生殖力的重要因素(张建设等, 2011)。本文对野生曼氏无针乌贼繁殖生物学特性变化进行了研究, 发现浙江近海海域曼氏无针乌贼在种群资源急剧衰退的情况下, 要抵抗同生态位物种摄食等方面的压力, 改善野生曼氏无针乌贼的繁殖生物学特性, 就必须通过增大自然海域曼氏无针乌贼种群数量来达到, 因此在注重野生曼氏无针乌贼的资源保护与可持续利用及修复乌贼产卵场生态环境外, 还要继续加大增殖放流工作。

参 考 文 献

- 尤仲杰, 焦海峰, 2006. 嘉庚蛸个体生殖力的研究. 海洋学报, 28(6): 134—138
- 水柏年, 2000. 小黄鱼个体生殖力及其变化的研究. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 19(1): 58—69
- 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
- 尹 飞, 王春琳, 宋微微, 2005. 曼氏无针乌贼幼体生态因子耐受性的研究. 湛江海洋大学学报, 25(4): 39—43
- 李星颀, 唐逸民, 吴常文等, 1986. 浙江近海曼氏无针乌贼资源增殖与繁殖保护的研究. 浙江水产学院学报, 5(2): 99—104
- 李星颀, 戴健寿, 1982. 曼氏无针乌贼 *Sepiella maindroni* de Rochebrune 资源增殖的研究. 浙江水产学院学报, 1(1): 1—10
- 李星颀, 戴健寿, 唐志跃, 1985. 曼氏无针乌贼 *Sepiella maindroni* de Rochebrune 怀卵量及生殖力. 浙江水产学院学报, 4(1): 1—8
- 吴丹华, 王春琳, 邵银文等, 2010. 饥饿对曼氏无针乌贼肝脏与卵巢脂肪酸组成的影响. 南方水产, 6(2): 46—52

- 吴常文, 迟长凤, 何光源等, 2009. 微波消解 ICP-MS 法测定曼氏无针乌贼肉和海螺蛳中八种微量元素. 光谱学与光谱分析, 29(12): 3395—3398
- 吴常文, 董智勇, 迟长凤等, 2010. 曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*) 繁殖习性及其产卵场修复的研究. 海洋与湖沼, 41(1): 39—46
- 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
- 宋微微, 王春琳, 2009. 养殖对曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*) 群体遗传多样性的影响. 海洋与湖沼, 40(5): 590—595
- 张 炯, 卢伟成, 1965. 曼氏无针乌贼 *Sepiella maindroni* de Rochebrune 繁殖习性的初步观察. 水产学报, 2(2): 35—44
- 张建设, 夏灵敏, 迟长凤等, 2011. 人工养殖曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*) 繁殖生物学特性研究. 海洋与湖沼, 42(1): 55—59
- 张健东, 陈 刚, 2002. 中华乌塘鳢个体生殖力的研究. 湛江海洋大学学报, 22(1): 7—12
- 倪海儿, 2000. 东海宽体舌鳎的个体生殖力. 水产学报, 24(4): 318—323
- 倪海儿, 龚启祥, 1995. 东海银鲷个体生殖力的研究. 浙江水产学院学报, 14(2): 118—122
- 唐逸民, 吴常文, 1986. 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
- 黄建动, 郁尧山, 1962. 浙江近海渔场曼氏无针乌贼生物学基础初步调查. 浙江农业科学, 4: 186—190
- 龚启祥, 杜立勤, 1988. 浙江近海曼氏无针乌贼卵巢周年变化的研究. 水产学报, 12(1): 57—62
- 常抗美, 吴常文, 吕振明等, 2008. 曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*) 野生及养殖群体的生化特征及其形成机制的研究. 海洋与湖沼, 39(2): 145—151
- 常抗美, 吴常文, 吕振明等, 2009. 曼氏无针乌贼胚胎发育与人工育苗技术的研究. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 28(3): 257—263
- 蒋霞敏, 陆珠润, 何海军等, 2010. 几种生态因子对曼氏无针乌贼野生和养殖卵孵化的影响. 应用生态学报, 21(5): 1321—1326
- 覃 亮, 熊邦喜, 吕光俊, 2009. 徐家河水库翘嘴鲌的个体生殖力. 应用生态学报, 20(8): 1952—1957
- 尼科里斯基著, 唐小曼译, 1962. 鱼类生态学. 北京: 农业出版社, 150
- Laptikhovskiy Vladimír V, 2000. Fecundity of the squid *Loligo vulgaris* Lamarck, 1978 (Myopsida, Loliginidae) off north-west Africa. *Sci Mar*, 64(3): 275—278
- Laptikhovskiy Vladimír V, Nigmatullin Chingis M, 2005. Aspects of female reproductive biology of the orange-back squid, *Sthenoteuthis pteropus* (Steenstrup) (Oegopsina: Ommastrephidae) in the eastern tropical Atlantic. *Sci Mar*, 69(3): 383—390
- Pampoulie C P, Bouchereau J L, Rosocchi E *et al*, 2000. Annual variations in the reproductive traits of *Omatoschistus microps* in a Mediterranean lagoon undergoing environmental changes: evidence of phenotypic plasticity. *Journal Fisheries Biology*, 57: 1441—1452

STUDY ON CHANGES IN REPRODUCTIVE BIOLOGY CHARACTERISTICS OF *SEPIELLA MAINDRONI* (ROCHEBRUNE) OFFSHORE ZHEJIANG

WU Chang-Wen, ZHOU Chao, GUO Bao-Ying, ZHANG Jian-She

(Marine Science College of Zhejiang Ocean University, National Engineering Research Center of Marine Facilities Aquaculture, Zhoushan, 316004)

Abstract To understand the reproductive biology characteristics of *Sepiella maindroni* from the coastal waters of the East China Sea in Zhejiang Province, compared the variant regularity of the gonadosomatic indices (*GSI*), biology shape and the relationship between the individual fecundity and the biological character indices of *S. maindroni* from the coastal waters of the East China Sea in Zhejiang Province in different period, by the conventional biological method and statistics regression analysis. The result showed that the *GSI* of *S. maindroni* reached the highest $9.51\% \pm 7.23\%$ in April. Compared with *S. maindroni* in the early 1960s and 1980s, the gonadal development of *S. maindroni* advanced, and the genital stage of *S. maindroni* extended. The biology shape, brood amount and individual fecundity of *S. maindroni* in the early 1980s were greater than that of the early 1960s and now. These indicators of cultured *S. maindroni* were significantly higher than that of contemporary wild *S. maindroni*. The individual fecundity of *S. maindroni* increased as the mantle length (*ML*), body weight (*W*), ovary weight (*W_O*) and *GSI*. There was significant ($P < 0.01$) correlation between individual fecundity and these biological indicators, in addition to body mass relative fecundity (*F_W*). Multiregressive analyses showed that the individual fecundity were significantly correlated with *W_O*. The fecundity were mainly dependent on the size of *W_O*.

Key words Wild *Sepiella maindroni*, Gonadosomatic index (*GSI*), Fecundity, Biology shape, Changes