

春季繁殖鲢仔、稚鱼的生长与摄食

施兆鸿¹, 柳敏海², 彭志兰², 彭士明¹, 付荣兵², 罗海忠²

(1. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090; 2. 浙江舟山市水产研究所, 浙江 舟山 316000)

摘要: 在人工育苗条件下, 对春季繁殖的鲢 (*Miichthys miui*) 仔、稚鱼的生长与摄食特性进行了研究。结果表明, 水温在 22.5~29.0 °C 时, 全长、肛前长、体高和体质量的特定增长率分别为 4.906 9%、4.681 5%、3.553 2% 和 11.967 2%。49 日龄鲢稚鱼个体间生长差异中以体高差异最小, 最大与最小相差 1.625 倍, 体质量差异最大, 最重与最轻相差 2.231 倍, 进入稚鱼期后容易出现相互间残杀。全长与日龄的关系式 $Y=2.666\ 9+0.235\ 4x-0.009\ 6x^2+0.000\ 3x^3$, $R^2=0.979$; 体质量与日龄的关系式 $Y=0.1755\ e^{0.126\ 6x}$, $R^2=0.961$; 全长与体质量的关系式 $Y=9.385\ 2-4.157\ 4x+0.469\ 8x^2-0.002\ 9x^3$, $R^2=0.999$ 。孵化后 2.5 d 开始开口摄食, 实验用饵料为轮虫、卤虫无节幼体、配合饵料。春季繁殖鲢仔鱼 8 日龄前摄食率为 70%~80%, 饱食率低于 5%; 9 日龄以后的仔鱼摄食率达到 90%~100%, 饱食率仍仅有 5%~10%; 35 日龄稚鱼摄食率达 100%, 饱食率 10%~20%。春季繁殖的鲢仔鱼卵黄囊吸收耗尽所用时间较自然繁殖的秋季鲢提早 1~2 d, 而油球吸收完毕时间则晚 1~2 d。[中国水产科学, 2008, 15 (3): 446~452]

关键词: 鲢; 生长; 摄食; 仔鱼; 稚鱼

中图分类号: S965.324

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)03-0446-07

鲢 (*Miichthys miui*) 属鲈形目 (Perciformes), 石首鱼科 (Sciaenidae), 鲢鱼属, 俗称黑鲢、鲢鱼等。在中国沿海均有分布, 但以东、黄海较多^[1]。鲢具有生长快、病害少、抗逆性强、肉鲜味美、营养丰富等优点, 深受国内外消费者的喜爱, 市场前景广阔, 近年来其人工繁殖与养殖在中国南方沿海获得蓬勃发展。目前有关鲢的研究报道主要集中在早期发育、生物学特性、人工育苗、养殖技术、生理、生态、代谢、人工调控繁殖季节和环境毒理等方面^[2-13]。但对人工调控环境后春季繁殖的鲢仔、稚、幼鱼的研究报道较少, 仅见春季繁殖鲢幼鱼的饥饿和补偿生长研究^[14-16]。

自然海域中鲢的繁殖期为秋季^[2, 14], 然而秋季人工培育的鲢幼鱼难以在自然条件下安全越冬, 从而影响了鲢人工养殖的发展。通过人为调控环境因子可以把鲢繁殖季节提前至 5~6 月, 达到春季繁殖的目的, 春季培育的苗种经 6 个多月时间的生长就可以顺利越冬^[14]。但春季培育的鲢苗种不仅其仔、稚鱼生长特性与秋季繁殖的存在差异, 而且其经历的环境条件也有明显的不同^[14]。仔、稚鱼的划分根据参考文献 [3] 进行。本课题组于 2007 年 5~7

月, 通过人为调控环境因子后于春季获得的鲢初孵仔鱼, 在人工育苗条件下对春季繁殖的鲢仔、稚鱼的摄食和生长特性进行初步的研究, 旨在充实鲢早期发育阶段的基础生物学资料, 为春季鲢人工育苗提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 鱼苗及培育条件

1.1.1 初孵仔鱼来源 2006 年 12 月起, 采用文献 [14] 的方法, 通过升温调控、延长光照和定期注射外源激素, 促使 2 足龄鲢性腺提前成熟, 用 LRH-A₃+DOM+HCG 催产, 于 2007 年 5 月获得受精卵。在水温 22.5~23.0 °C、盐度 29 的条件下, 受精卵经 16~20 h 孵化得到初孵仔鱼。

1.1.2 鱼苗培育条件 苗种培育在浙江华兴海水苗种有限公司舟山大沙基地内进行。育苗池为正方形的水泥池 (4.0 m×4.0 m×1.5 m), 仔、稚鱼培育海水为砂滤海水, 水质主要因子为: 盐度 29, pH 8.0~8.2, 水温 22.5~29.0 °C, 溶解氧 6~9 mg/L。光照强度控制在 2 000 lx 以下。育苗池内初孵仔鱼布池密度约 3 万 ind/m³。

收稿日期: 2007-09-26; 修订日期: 2007-12-20.

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金 (东 2007Z02); 浙江省科技重点攻关项目 (2004C12028).

作者简介: 施兆鸿 (1958-), 男, 副研究员, 海水鱼类苗种培育与繁殖生物学. E-mail: shizhh@sh163.net

1.1.3 仔、稚鱼饵料 实验用饵料有轮虫 (*Brachionus plicatilis*)、卤虫 (*Artemia* sp.) 无节幼体和配合饲料, 配合饲料为日本林兼产业株式会社生产的鱼宝牌苗种培育专用饲料。2~30 日龄投喂轮虫, 25~50 日龄投喂卤虫无节幼体和配合饲料。轮虫在投喂前用小球藻 (*Chlorella vulgaris*) 和英伟公司生产的轮虫强化剂强化培养 24 h 以上, 卤虫无节幼体在孵出 24 h 后用乌贼肝油强化培养 6 h 以上。投喂轮虫密度保持在 10~15 ind/mL, 卤虫无节幼体密度保持在 0.5~2.0 ind/mL, 配合饲料每天投喂 4 次, 夜间不投, 每次投喂量按 0.1~1 mg/kg (水体质量) 计。

1.1.4 仔、稚鱼管理 每天 6:00、14:00 和 18:00 分别记录育苗池水温 and pH 值, 不定期测定盐度和 DO 值。育苗 5 d 后每天清晨吸污, 以清除死鱼、残饵及排泄物。育苗前期每天添加 10~20 cm 新鲜海水, 7 d 后开始换水 20%, 随仔、稚鱼发育换水量逐渐加大, 10 d 后换水量达到 50%, 15 d 后增加到 100%。每天检查育苗池内饵料生物量, 观察仔、稚鱼的生活习性、摄食情况以及形态变化。

1.2 实验设置及测定方法

1.2.1 生长特性 鲢早期生长发育各阶段的划分参照钟俊生等^[3]的方法。10 日龄前每天在育苗池中随机取样 1 次, 10~20 日龄的仔鱼隔天随机取样 1 次, 30 日龄后每 4~5 天随机取样 1 次, 每次取样 8~20 尾。取样后立即用 MS-222 麻醉, 然后置于带目测微尺的解剖镜下测定全长、肛前长和体高, 全长超过 20 mm 时用游标卡尺测量。用感量 0.05 mg 的天平称重。全长 (SGR_w)、肛前长 (SGR_A)、体高 (SGR_H) 和体质量 (SGR_L) 的特定生长率按: $[(\ln L_2 - \ln L_1) / (t_2 - t_1)] \times 100\%$ 计算。通过测量所得数据求鲢全长与日龄、肛前长与日龄、体高与日龄以及体质量与全长的生长方程。稚鱼个体间的生长差异用 49 日龄的稚鱼 50 尾, 经 MS-222 麻醉剂麻醉后测量。

1.2.2 摄食习性 摄食特性的研究采用文献^[17]方法进行, 用阿拉伯数字 0~5 表示 6 级充塞度等级。分别计算摄食率和饱食率:

摄食率 = 有摄食尾数 / 测定总尾数 $\times 100\%$;

饱食率 = 胃肠充塞度达 3~5 级的尾数 / 测定总尾数 $\times 100\%$ 。

1.2.3 卵黄囊的吸收观察 从初孵仔鱼起每天取

样 10 尾置于带目测微尺的解剖镜下测量卵黄囊长径、短径和油球直径, 卵黄囊和油球体积 (mm^3) 按以下公式计算:

$V = \pi l h^2 / 6 - \pi d^3 / 6$ 和 $V = \pi d^3 / 6$, 其中 l 为卵黄囊长径 (mm), h 为卵黄囊短径 (mm), d 为油球径 (mm)。

仔鱼在某一发育时间的卵黄囊或油球吸收百分数指此时吸收掉的卵黄囊或油球体积与初孵仔鱼卵黄球或油球体积的百分比。

1.3 数据处理与计算

数据采用 SPSS11.0 软件进行显著性统计分析, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。对全长、肛前长和体高与日龄的关系进行回归分析。

2 结果与分析

2.1 生长特性

2.1.1 仔稚鱼的生长指标 对初孵仔鱼至 49 日龄的稚鱼生长情况进行了测定 (表 1)。从初孵仔鱼至 49 日龄的全长特定生长率为 4.906 9%, 肛前长特定生长率为 4.681 5%, 体高特定生长率为 3.553 2%。体质量特定生长率为 11.967 2%。仔、稚鱼期各阶段的特定生长率见表 2。

在卵黄囊仔鱼的生长过程中, 仔鱼主要是以长度增长为主, 体高和体质量反而较初孵仔鱼缩小; 前弯曲期仔鱼阶段体长、肛前长和体高都呈正生长, 长度增长比较缓慢, 而体高增长速率较快, 体质量增长明显, 达到卵黄囊仔鱼阶段的约 2.5 倍; 弯曲期仔鱼阶段体长、肛前长、体高和体质量增长的速率比较接近; 后弯曲期仔鱼阶段各项增长速率又趋于缓慢; 稚鱼前期阶段各项增长速率又开始加快, 尤其是体质量的增长十分明显。

2.1.2 稚鱼个体间的生长差异 将 50 尾 49 日龄稚鱼进行测量, 测其全长、肛前长、体高和体质量, 全长范围 19.0~34.5 mm, 平均 25.15 mm。标准差 3.527 1, 变异系数 14.02%, 最大与最小全长相差 1.816 倍; 肛前长范围 8.0~13.5 mm, 平均 10.39 mm, 标准差 1.562 6, 变异系数 15.04%, 最大与最小肛前长相差 1.688 倍; 体高范围 4.0~6.5 mm, 平均 5.05 mm, 标准差 0.624 7, 变异系数 12.37%, 最大与最小体高相差 1.625 倍; 体质量范围 104~232 mg, 平均 156.10 mg, 标准差 31.694, 变异系数 20.30%, 最重与最轻相差 2.231 倍。

表 1 鲢仔、稚鱼生长测定的部分结果

Tab.1 Part growth indexes of larval and juvenile *Müchthys müuy* $\bar{X} \pm SD$

日龄 Days after hatch	测定尾数 Number	全长/mm Total length	肛前长/mm Length in front of anus	体高/mm Body height	体质量/g Body weight	水温/℃ Water temperature
0 (初孵)	10	2.2333±0.0629 ^a	/	0.9241±0.0203 ^{ab}	0.4250±0.0325 ^a	22.5
1	20	3.5417±0.0878 ^{ab}	/	1.0058±0.0536 ^{abc}	0.2954±0.0927 ^a	23.0
3	20	3.5906±0.0203 ^{ab}	1.1345±0.0203 ^a	0.7485±0.0536 ^a	0.2364±0.0164 ^a	23.0
5	20	3.5877±0.0923 ^{ab}	1.2106±0.0203 ^{ab}	0.7544±0.0203 ^a	0.2880±0.0295 ^a	23.0
7	20	3.6491±0.0859 ^{ab}	1.2457±0.0203 ^{ab}	0.7281±0.0336 ^a	0.2884±0.0099 ^a	23.0
9	10	3.8947±0.2301 ^{ab}	1.3450±0.1461 ^{ab}	0.8655±0.1072 ^a	0.4708±0.0832 ^a	23.6
11	10	4.1141±0.1355 ^b	1.4561±0.0835 ^{ab}	0.9649±0.0835 ^{ab}	0.4813±0.0849 ^a	23.4
13	10	4.2924±0.0883 ^b	1.6140±0.0351 ^{ab}	1.1579±0.0351 ^{abc}	0.7750±0.0750 ^a	23.2
15	10	4.5700±0.2219 ^b	1.7000±0.1277 ^{ab}	1.1667±0.1155 ^{abc}	1.0763±0.3090 ^a	23.1
17	20	5.0000±0.2828 ^b	1.9000±0.1277 ^{ab}	1.3167±0.1139 ^{bc}	1.1253±0.4172 ^a	23.4
20	20	5.2267±0.6282 ^{cd}	2.1066±0.3113 ^b	1.4133±0.2512 ^c	1.5662±0.1914 ^a	24.3
23	10	7.6103±0.6618 ^b	3.3824±0.4160 ^c	2.0589±0.1698 ^d	3.6719±0.1659 ^a	23.6
26	10	8.2353±0.6239 ^{cd}	3.4191±0.3032 ^c	2.2059±0.2401 ^{de}	4.1096±0.7973 ^a	24.0
30	8	9.6569±0.9792 ^{de}	4.1667±0.6122 ^{cd}	2.5490±0.3061 ^{ef}	8.9533±3.4197 ^a	25.4
35	8	10.3431±0.2246 ^e	4.7549±0.3701 ^d	2.8922±0.3061 ^f	11.6333±1.0408 ^a	27.2
42	8	14.2157±1.4509 ^f	6.2745±0.6792 ^e	3.7745±0.1698 ^g	38.8556±5.6641 ^b	29.0
49	8	24.7255±3.9619 ^g	10.5588±1.9124 ^f	5.2706±0.8962 ^h	149.6444±28.2102 ^c	29.0

注：同一列数据上标相同字母表示各日龄之间的差异不显著 ($P>0.05$)，不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)；“/”表示未测出。

Note: Values with same letter in the same column mean no significant difference among days after hatch ($P>0.05$) and different letter mean significant difference ($P<0.05$)；“/” undetectable.

表 2 鲢仔、稚鱼期不同发育阶段的特定生长率

Tab.2 Special growth rate at different development stages of larval and juvenile *Müchthys müuy*

发育阶段 Development stage	日龄/d Days after hatch	全长特定 生长率 SGR _W	肛前长特定 生长率 SGR _A	体高特定 生长率 SGR _H	体质量特定 生长率 SGR _L	水温/℃ Water temperature
卵黄囊仔鱼 Yolk-sac larva	0 (初孵仔鱼)–8	6.4784	2.7234	-2.6107	-4.8641	22.5–23.0
前弯曲期仔鱼 Pretlexion larva	9–15	2.6649	3.9039	4.9771	13.7809	23.1–23.6
弯曲期仔鱼 Flexion larva	16–22	6.3748	8.5995	7.0999	15.3398	23.4–23.6
后弯曲期仔鱼 Postflexion larva	23–34	2.1006	2.1961	2.2264	8.4399	23.6–27.0
稚期前鱼阶段 Before juvenile stage	35–49	6.2251	5.6985	4.2866	18.2456	27.0–29.0

2.1.3 生长特性的回归分析 将全长、肛前长、体高和体质量与日龄进行回归分析，根据显著性意义 (P)、以及相关指数 (R^2) 的大小表示回归方程可靠程度的高低来选择最佳方程。全长与日龄、肛前长与日龄、体高与日龄、体质量与日龄和全长与体质量所选用的方程均达到极显著水平 ($P<0.001$)，本次实验全长与日龄、肛前长与日龄、体质量与全

长选用三次曲线方程 $y=b_0+b_1x+b_2x^2+b_3x^3$ 为最优方程，相关指数 (R^2) 分别为 0.979、0.982 和 0.999；体高与日龄选用二次曲线方程 $y=b_0+b_1x+b_2x^2$ 为最佳方程，相关指数 (R^2) 为 0.976；体质量与日龄选指数曲线方程 $y=b_0e^{b_1x}$ 为最优方程，相关指数 (R^2) 为 0.961 (表 3)。

表 3 鲢仔、稚鱼期生长特性的回归分析
Tab.3 Regression analysis of growth characters of *Müchthys müuy* larvae, juveniles and young fries

项目 Item	方程式 Equation	<i>F</i>	<i>R</i> ²	<i>P</i>
全长与日龄 Total length vs days of age	$Y=2.6669+0.2354x-0.0096x^2+0.0003x^3$	251.83	0.979	0.000
肛前长与日龄 Length in front of anus vs days of age	$Y=0.8346+0.0822x-0.0021x^2+0.0001x^3$	257.26	0.982	0.000
体高与日龄 Body height vs days of age	$Y=0.7457+0.0042x+0.0017x^2$	653.32	0.976	0.000
体质量与日龄 Body weight vs days of age	$Y=0.1755e^{0.1266x}$	444.24	0.961	0.000
全长与体质量 Total length vs body weight	$Y=9.3852-4.1574x+0.4698x^2-0.0029x^3$	5504.75	0.999	0.000

2.2 摄食特性

人工育苗条件下,水温 23.0~29.0 ℃时,2 日龄仔鱼还未开口。3 日龄仔鱼虽然都已开口,但 70% 个体胃肠中未见食物,30% 个体摄食,但都未达到饱食程度。4~7 日龄仔鱼仍有 25%~45% 个体胃中未见食物,而在摄食的仔鱼中,胃肠充塞度达到

或大于 3 级的个体比例不超过 5%。9 日龄仔鱼以后的摄食率基本保持在 90%~100%,但饱食率仍仅有 5%~10%,大部分仔鱼虽然摄食,胃肠充塞度只有 1~2 级。35~49 日龄稚鱼摄食率 100%,饱食率 10%~20% (表 4)。

表 4 鲢仔、稚鱼期的摄食率、饱食率和胃肠充塞度
Tab.4 Feeding rate, fullness rate and stomach fullness coefficient of larval and juvenile *Müchthys müuy*

日龄 Days after hatch	测定尾数 Number	摄食率 /% Feeding rate	饱食率 /% Fullness rate	胃肠充塞度 Stomach fullness coefficient					
				0	1	2	3	4	5
2	10	0	0						
3	10	20	0	8	2	0	0	0	0
4	20	40	5	12	6	1	1	0	0
5	20	60	0	8	8	4	0	0	0
6	20	70	5	6	9	4	1	0	0
7	20	75	5	5	7	7	1	0	0
9	20	95	10	1	8	9	2	0	0
11	20	100	20	0	10	6	4	0	0
13	20	100	15	0	8	9	3	0	0
15	10	100	10	0	5	4	1	0	0
20	10	100	0	0	2	8	0	0	0
25	10	100	20	0	4	4	2	0	0
30	10	100	10	0	2	7	1	0	0
35	10	100	10	0	4	5	1	0	0
42	10	100	20	0	3	5	2	0	0
49	10	100	20	0	3	5	1	1	0

2.3 卵黄囊的吸收

初孵仔鱼的卵黄囊和油球体积分别为 $(0.476 8 \pm 0.047 2) \text{ mm}^3$ 和 $(0.018 0 \pm 0.000 0) \text{ mm}^3$, 占了鱼体的大部分。1 日龄仔鱼的卵黄囊和油球分别被吸收掉 91.63% 和 24.63%。2 日龄仔鱼卵黄囊

仅剩一点残迹,而油球当日被吸收掉 6.78%。到 3 日龄仔鱼时卵黄囊已观察不到,油球当日吸收量为 11.39%。4 日龄仔鱼当日的油球吸收量增大到 33.89%,5~7 日龄仔鱼吸收量都在 10% 以内,至 8 日龄仔鱼油球全部吸收完 (表 5)。

表 5 卵黄囊和油球吸收百分比 (22.5~23.6 °C)
Tab.5 Proportion of absorbed yolk-sac and oil globules (22.5~23.6 °C)

日龄 Days	卵黄囊体积 /mm ³ Volume of yolk-sac $\bar{X} \pm SD$	油球体积 /mm ³ Volume of oil globules $\bar{X} \pm SD$	卵黄囊吸收百分比 /% Proportion of absorbed yolk-sac	油球吸收百分比 /% Proportion of absorbed oil globules
0	0.4768±0.0472 ^b	0.0180±0.0000 ^f	0.00	0.00
1	0.0399±0.0104 ^a	0.0136±0.0010 ^e	91.63	24.63
2	0.0205±0.0124 ^a	0.0123±0.0064 ^e	95.71	31.41
3	—	0.0103±0.0022 ^d	100.00	42.80
4	—	0.0042±0.0012 ^c	—	76.69
5	—	0.0025±0.0007 ^{bc}	—	86.19
6	—	0.0021±0.0008 ^{ab}	—	88.25
7	—	0.0004±0.0006 ^a	—	97.53
8	—	—	—	100.00

注: 同一列数据上标相同字母表示各日龄之间的差异不显著 ($P>0.05$), 不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。"—" 表示未测出。

Note: Values with same letter in the same column mean no significant difference among days after hatch ($P>0.05$) and different letter mean significant difference ($P<0.05$); "—" means undetectable.

3 讨论

3.1 鲢仔、稚鱼的生长特性

不同种类的仔、稚鱼在不同的生长阶段有各自不同的生长率, 研究仔、稚鱼的特定生长率可以了解各阶段的生长特性。比如, 本次实验初孵仔鱼的全长和体质量分别是 (2.233±0.0629) mm 和 (0.4250±0.0325) mg。到了 1 日龄时仔鱼的全长增加到 (3.5417±0.0878) mm, 而体质量则降到 (0.2954±0.0927) mg。2 日龄、3 日龄仔鱼全长几乎没有变化, 体质量则继续下降。4 日龄起仔鱼的全长和体质量出现增长, 但在 8 日龄前仔鱼全长和体质量的增长幅度均十分缓慢, 平均全长和体质量范围分别在 4.000 mm 和 0.300 mg 以内。上述卵黄囊仔鱼期的全长和体质量的变化表明: 1 日龄仔鱼体质量随卵黄囊的吸收而下降, 仔鱼开口后可能因摄食率低导致体质量增加不显著。上述特征也同样反映在卵黄囊仔鱼期全长和体质量上, 其特定生长率分别为 6.4784% 和 -4.8641%。

从每天的测量结果看, 仔鱼阶段的体长、体高、肛前长和体质量在个体间的差异均不太显著, 而稚鱼阶段鲢和同科中其他种类一样, 个体间都存在着较大的差异^[18-22], 尤其是体质量的差异, 39 日龄最大与最小可相差 2.231 倍, 因此时常发生相互残食。引起鲢稚鱼间相互残食的原因是否与同种生物之间竞争有关、还是与饵料的形状颜色有关值得今后深入研究。

本实验苗种培育期间是在春季, 水温变化从低到高为 22.5~29.0 °C (表 1)。而自然繁殖的鲢仔、稚鱼生长发育是在秋季, 水温是从高到低或人为调控至基本恒定^[3-5]。仔鱼的器官发生如消化系统、循环系统、呼吸系统等都集中在仔鱼前期^[8], 在此阶段不仅受卵子质量和营养吸收的影响, 还受外界环境条件的影响, 有关水温从低到高的升温过程是否对鲢仔、稚鱼生长发育会产生影响还有待进一步研究实验。

3.2 春季繁殖的鲢仔稚鱼摄食特性与生长的关系

在本实验条件下春季繁殖的鲢仔、稚鱼摄食率低于同科中的其他鱼类, 如双棘黄姑鱼 (*Nibea diacanthu*) 仔鱼的摄食率可达 93.1%、浅色黄姑鱼 (*Nibea coibor*) 96.9%、鲢状黄姑鱼 (*Nibea miichthioides*) 97.9%、大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*) 50%~100%^[18-22]。而同科中其他种类仔鱼阶段的饱食率最高可达 66.7%, 稚鱼阶段一般都在 80.0% 以上。而本实验中的鲢仔鱼饱食率在 5% 以下, 稚鱼饱食率也只在 20% 以下, 近似半饥状态。在鱼类的早期生活史中, 卵黄囊的吸收对仔鱼器官的发生发育以及仔鱼的生长至关重要。而本实验中摄食率和饱食率的偏低严重影响了仔、稚鱼的生长发育。造成其前期仔鱼摄食率低的原因, 笔者认为既有外在因素, 如本实验前期仔鱼的培育水温为 22.5~23.6 °C, 水温的变化是由低到高的过程, 而秋季鲢仔鱼的培育水温则高于 25.8 °C^[4], 或

24.9~22.0 °C^[3,8], 水温的变化是由高到低的过程; 也有内在因素, 如初孵仔鱼自身的质量。仔、稚鱼的不同发育阶段、发育好坏、饥饿程度、游动能力等鱼体自身的生理特性都将影响其摄食特性。

3.3 不同繁殖季节鲢仔鱼卵黄囊吸收的比较

本实验条件下春季繁殖的鲢初孵仔鱼卵黄囊与秋季自然产卵繁殖的鲢初孵仔鱼卵黄囊和油球在体积上没有太大的差异, 但在吸收过程中存在着很大的差别, 本实验条件下的鲢仔鱼在1日龄仔鱼时卵黄囊就被吸收消耗掉90%以上, 2日龄仔鱼又被吸收消耗掉约9%, 仅剩0.1%不到, 到3日龄仔鱼时已完全吸收(表5)。而秋季繁殖(自然繁殖)的初孵仔鱼与1日龄仔鱼的卵黄囊体积则变化不大, 到4~5日龄才全部被吸收掉^[8]。在每天的观察中可见, 春季繁殖的仔鱼并没有因卵黄囊的快速消耗吸收而使生长发育同步提前, 每天的个体生长没有加快, 消化系统的发育虽比秋季繁殖的仔鱼快^[8], 但摄食率并没有同步提前。可能春季仔鱼的部分卵黄囊没有用于仔鱼的正常发育, 其能量可能被迫消耗于适应外界的环境压力如水温变化等过程中, 导致春季仔鱼游动能力和捕食能力不足而最终影响其生长。此外, 笔者认为要使鲢能在春季繁殖, 还必须对亲鱼培育环节加强研究, 以提高卵子的质量。

参考文献:

- [1] 朱元鼎, 张春霖, 成庆泰, 等. 东海鱼类志 [M]. 北京: 科学出版社, 1963: 308.
- [2] 李祥云, 郑志明, 竺俊全, 等. 鲢鱼亲鱼培育及其人工繁殖的研究 [J]. 水产科学, 2005, 24(1): 32-34.
- [3] 钟俊生, 楼宝, 袁锦丰. 鲢鱼仔稚鱼早期发育的研究 [J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(3): 231-238.
- [4] 孙庆海, 施维德, 孙建璋. 鲢鱼早期发育的形态学初步研究 [J]. 南方水产, 2005, 1(6): 8-18.
- [5] 罗海忠, 傅荣兵, 陈波, 等. 舟山近海鲢鱼胚胎和早期仔鱼的发生及与盐度的关系 [J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2006, 25(1): 15-22.
- [6] 柳敏海, 罗海忠, 陈波, 等. 鲢鱼鳃丝 $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ 性质的初步研究 [J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2007, 26(1): 12-16.
- [7] 陈少波, 单乐州, 林志华, 等. 鲢鱼幼鱼在不同水温下摄食的初步研究 [J]. 台湾海峡, 2007, 26(2): 276-281.
- [8] 练青平, 钟俊生, 楼宝. 鲢鱼仔稚鱼消化系统的组织学研究 [J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(3): 212-219.
- [9] 柳敏海, 陈波, 施兆鸿, 等. 五种重金属对早繁鲢鱼胚胎和仔鱼的毒性效应 [J]. 海洋渔业, 2007, 29(1): 57-62.
- [10] 柳敏海, 罗海忠, 陈波, 等. 铜、镉对鲢鱼幼鱼鳃丝 $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ 和肝脏 SOD 酶活性的影响 [J]. 安全与环境学报, 2007, 7(4): 5-8.
- [11] 闫茂仓, 单乐州, 邵鑫斌, 等. 盐度和 pH 值对鲢鱼幼鱼耗氧率和氨氮排泄率的影响 [J]. 台湾海峡, 2007, 26(1): 85-92.
- [12] Song Z F, Wu T X, Cai L S, et al. Effects of dietary supplementation with clostridium butyricum on the growth performance and humoral immune response in *Mitichthys miuy* [J]. J Zhejiang Uni, 2006, 7(7): 596-602.
- [13] Wu T X, Song Z F, Cai L S. Effects of the dietary supplementation with fructooligosaccharides on the excretion of nitrogen and phosphorus in *Mitichthys miuy* fries [J]. J Zhejiang Uni Sci, 2005, 6B(8): 798-802.
- [14] 罗海忠, 陈波, 傅荣兵, 等. 鲢鱼性腺发育人为调控技术研究 [J]. 海洋渔业, 2007, 29(2): 128-133.
- [15] 罗海忠, 施兆鸿, 柳敏海, 等. 周期性停食对鲢鱼 (*Mitichthys miuy*) 幼鱼摄食、生长和消化酶活力的影响 [J]. 海洋与湖沼, 2007, 38(5): 1-6.
- [16] 柳敏海, 施兆鸿, 罗海忠, 等. 短期饥饿胁迫对鲢幼鱼的生长、生化组成及其消化酶活力的影响 [J]. 中国水产科学, 2007, 15(7): 24-29.
- [17] 殷名称. 鱼类生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 64-87, 266.
- [18] 张雅芝, 郑斯电. 鲢状黄姑鱼早期发育阶段的摄食与生长特性 [J]. 海洋与湖沼, 1999, 30(2): 118-128.
- [19] 张雅芝, 胡家财, 谢仰杰, 等. 浅色黄姑鱼早期发育特征及温盐度的适应性 [J]. 热带海洋学报, 2006, 25(5): 74-80.
- [20] 张雅芝, 胡石柳, 李丽, 等. 双棘黄姑鱼早期发育阶段的摄食习性和生长特性 [J]. 海洋科学, 2006, 30(9): 9-16.
- [21] 于海瑞, 麦康森, 段青源, 等. 人工育苗条件下大黄鱼仔、稚、幼鱼的摄食与生长 [J]. 中国水产科学, 2003, 10(6): 495-501.
- [22] 竺俊全, 焦海峰. 人工育苗条件下大黄鱼仔、稚鱼的摄食与生长 [J]. 宁波大学学报, 2004, 17(4): 384-389.

Feeding habits and growth performance of *Miichthys miiuy* larvae and juveniles under artificial rearing conditions in spring

SHI Zhao-hong¹, LIU Min-hai², PENG Zhi-lan², PEN Shi-ming¹, FU Rong-bing², LUO Hai-zhong²

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China; 2. Fisheries Institute of Zhoushan, Zhoushan 316000, China)

Abstract: Feeding habits and growth performance of larvae and juveniles of *Miichthys miiuy* under artificial rearing conditions in spring were observed. The results showed that the larvae began to feed at about 2.5 d after hatching at water temperature 22.5–29.0 °C and salinity 29. During different growth stage the diets were small *Brachionus*, naupliar larvae of *Chirocephalus* and artificial feed respectively. When the larvae were 8 days old, the percentage of stomach with food was 70%–80% and the plump coefficient of stomach was not more than 5%. After 9 days of age, the percentage of stomach with food was 90%–100% and the plump coefficient of stomach was between 5% and 10%. When the larvae were 35 days old, the percentage of stomach with food was 100% and the plump coefficient of stomach was between 10% and 20%. The yolk-sac of the larvae hatched in spring was absorbed 1 to 2 d earlier than that of the larvae hatched in autumn; but the oil globules was absorbed 1 to 2 d later. After 49 days old, the total length, length in front of anus, body height and body weight were measured and the corresponding specific growth rate were 4.906 9%, 4.681 5%, 3.553 2% and 11.967 2%, respectively. The difference between maximum and minimum of juvenile body height was minimum with the difference value of 1.625 times, and the difference between maximum and minimum of body weight was the maximum with the difference value of 2.231 times, which would result in the juveniles' carnage with each other. The relationship of total length and body weight to the age of days were $Y=2.666\ 9+0.235\ 4x-0.009\ 6x^2+0.000\ 3x^3$, $R^2=0.979$, and $Y=0.175\ 5e^{0.126\ 6x}$, $R^2=0.961$, respectively. The relationship of total length to body weight was $Y=9.385\ 2-4.157\ 4x+0.469\ 8x^2-0.002\ 9x^3$, $R^2=0.999$. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (3): 446–452]

Key words: *Miichthys miiuy*; feeding; growth; larvae; juveniles