

文章编号: 1000-0615(2018)11-1766-12

DOI: 10.11964/jfc.20170610856

## 杂交石斑鱼(褐点石斑鱼♀×清水石斑鱼♂)仔、稚鱼的摄食与生长特性

陈刚, 黄建盛, 张健东\*, 王忠良, 汤保贵, 潘传豪

(广东海洋大学水产学院, 广东湛江 524025)

**摘要:** 为阐明人工育苗条件下褐点石斑鱼♀×清水石斑鱼♂杂交子代(简称杂交石斑鱼)仔、稚鱼阶段的摄食与生长变化状况, 采用随机取样实验生态学方法, 在水温27.5~31℃条件下, 对人工培育的杂交石斑鱼仔、稚鱼的摄食及生长进行了研究。结果显示, 杂交石斑鱼仔、稚鱼具有较强的摄食能力; 仔鱼3日龄开口摄食, 摄食发生率为40%, 之后的仔、稚鱼摄食发生率均为100%。仔、稚鱼摄食量随体质量的增加而逐渐上升, 可用二项方程式表达。消化道饱满系数为0.95%~11.26%。仔、稚鱼在1.5 h内可以饱食, 仔鱼对轮虫和桡足类的消化时间分别为0.5~1 h和1~2 h, 稚鱼对桡足类成体的消化时间为1.5~3.5 h。杂交石斑鱼仔、稚鱼各阶段的日摄食率分别为49.85%(5日龄)、22.55%(10日龄)和15.72%(24日龄), 可将其作为杂交石斑鱼仔、稚鱼日投喂量参考依据。杂交石斑鱼仔、稚鱼摄食具有明显的昼夜节律性, 白天摄食, 夜间不摄食。5日龄和10日龄仔鱼均出现2个摄食高峰, 分别为9:00和18:00; 24日龄稚鱼仅在中午12:00出现摄食高峰。3~30日龄的仔、稚鱼平均全长日增长率为7.96%, 平均体质量日增重率为28.73%。全长、体质量分别与日龄的关系均可用指数方程表达, 体质量( $y$ )与全长( $x$ )的回归方程为 $y=0.0373x^{2.5378}$ ,  $b$ 值接近3, 表明杂交石斑鱼仔、稚鱼为等速生长类型。

**关键词:** 褐点石斑鱼; 清水石斑鱼; 杂交子代; 仔鱼; 稚鱼; 摄食; 生长

**中图分类号:** S 965.334

**文献标志码:** A

石斑鱼(*Epinephelus* sp.)作为重要的海水养殖经济鱼类, 因其味道鲜美、营养丰富, 在东南亚地区广泛养殖。然而, 石斑鱼产业可持续发展受到种质资源退化和鱼苗大规模生产的制约, 为了解决这些问题, 杂交技术被引入石斑鱼人工繁育<sup>[1]</sup>, 已获得具有不同优良性状的杂交石斑鱼。目前, 国内学者相继进行了斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*) (♀)×赤点石斑鱼(*E. akaara*) (♂)<sup>[2]</sup>、斜带石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(*E. lanceolatus*) (♂)<sup>[3]</sup>、褐点石斑鱼(俗称老虎斑)(*E. fuscoguttatus*) (♀)×鞍带石斑鱼(♂)<sup>[4]</sup>、云纹石斑鱼

(*E. moara*) (♀)×七带石斑鱼(♂)(*E. septemfasciatus*)<sup>[5]</sup>、云纹石斑鱼(♀)×赤点石斑鱼(♂)<sup>[6]</sup>等组合的杂交育种研究, 并利用转录组分析揭示石斑鱼杂交优势的分子机制<sup>[1]</sup>。本课题组开展褐点石斑鱼(♀)×清水石斑鱼(俗称杉斑)(*E. polyphekadion*) (♂)杂交育种研究, 并成功培育出杂交石斑鱼子一代。本实验组在盐度对其受精卵孵化和卵黄囊仔鱼形态的影响<sup>[7]</sup>、形态性状对体质量影响的通径分析<sup>[8]</sup>进行研究。国外学者曾报道该杂交石斑鱼生长速率比亲本快, 具有杂交生长优势<sup>[9]</sup>。

鱼类早期发育阶段的摄食与生长是鱼类一

收稿日期: 2017-06-02 修回日期: 2017-07-31

资助项目: 广东省科技厅项目(2016B020201009, 2013B090700010); 广东省教育厅高校重点实验室滚动支持项目(2013CXDA019); 广东海洋大学“创新强校工程”项目(GDOU2016050251)

通信作者: 张健东, E-mail: yzxzd@126.com

生中最复杂、最重要的部分,对早期的存活及后续的生长有着重要的影响<sup>[10]</sup>。而且该阶段对外界环境最为敏感,容易受到光照、水质理化因子、饵料的适口性及丰度等因素的影响,造成仔、稚鱼的摄食受阻,蒙受进展性饥饿,导致苗种的批量死亡<sup>[11]</sup>。因此研究鱼类仔、稚鱼的摄食与生长特性有助于提高鱼类人工育苗技术。消化道内饵料计数法虽操作较复杂,但相对准确度较高,通常用来测算鱼类仔、稚鱼的摄食特性<sup>[12-13]</sup>。目前,褐点石斑鱼(♀)×清水石斑鱼(♂)杂交石斑鱼人工育苗技术仍不稳定,表现为育苗成活率低、出苗量低。缺乏其相关早期发育阶段的生物学特性研究是制约育苗成活率的因素之一,而国内外尚未见报道。虽然不同学者研究了石斑鱼属的种类,如斜带石斑鱼<sup>[14-15]</sup>、云纹石斑鱼<sup>[16-17]</sup>、褐点石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交子代<sup>[4]</sup>、七带石斑鱼<sup>[18]</sup>等早期发育阶段的摄食与生长,但仍有很多问题有待进一步探讨。本团队对人工培育条件下的杂交石斑鱼仔、稚鱼阶段的摄食和生长特性进行研究,以期积累早期发育阶段的生物学基础数据和资料,为该杂交石斑鱼苗种的规模化生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

**亲本来源** 杂交石斑鱼的母本(褐点石斑鱼)为广东海洋大学水产学院鱼类种子工程与养殖团队繁育的第3代群体,父本(清水石斑鱼)由海南省俊泓实业有限公司提供。褐点石斑鱼亲鱼体质量为11~14 kg,清水石斑鱼亲鱼体质量为5~7 kg。雌雄亲鱼分开饲养在室内水泥池,充气微流水。

**人工催产与孵化** 2016年6月,在海南省俊泓实业有限公司养殖基地通过激素诱导,采用干法授精技术获得杂交石斑鱼受精卵。受精卵在盐度31的自然海水孵化桶逐渐降温至22℃,然后用150目筛绢网捞取上浮卵打包。采用双层尼龙袋充纯氧低温密封,经过8 h运输至广东海洋大学东海岛海洋生物研究基地。运至基地后,先平衡孵化水体与尼龙袋内的水体温度,然后将受精卵放置在容积500 L、底部设有排水阀的孵化桶中微充气进行孵化,孵化过程中发现坏卵及时排出。孵化水温28~29℃,盐度30,

pH 8.1,溶解氧大于5 mg/L,孵化密度为260万粒受精卵/m<sup>3</sup>,每2 h换水1次,每次换水量为孵化桶容积的1/3,以保持孵化桶内水质清新。

**室内水泥池鱼苗培育** 培育池长×宽×高为4 m×3 m×1.2 m。在培育池注入经沉淀、沙滤的海水后,添加一定浓度的小球藻(*Chlorella* sp.),水位高为1 m。待到2日龄仔鱼的晚上20:00,虹吸法将孵化桶内的仔鱼虹吸到培育池,并开始投喂轮虫。3日龄仔鱼开口摄食,以经200目筛绢网过滤的轮虫为仔鱼的开口饵料,密度大约为20个/mL;4~8日龄仔鱼投喂个体较大的轮虫(*Brachionus* sp.)和桡足类(*Calanus* sp.)无节幼体,密度分别为10~15个/mL和2~3个/mL,8日龄仔鱼之后主要投喂桡足类,密度为3~5个/mL。所用的轮虫和桡足类均为室外池塘培育。鱼类培育期间根据水质情况使用生物制剂、氨基酸营养液等调控水质,仔鱼期每天换水1次,换水20 cm,每天添加5~10 cm水位高的小球藻和10~15 cm新水;稚鱼期每天换水1~2次,每次换水40 cm,每次添加5~10 cm水位高的小球藻和30~35 cm新水并吸污1次。培育期间水质指标:温度27.5~31℃,盐度29~31,pH 7.9~8.0,自然光照周期,池面盖遮阳网,控制培育池水面光照强度不高于300 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。池内设12个充气石,随着鱼苗发育,充气量逐渐增大,保持水体溶解氧大于5 mg/L。

### 1.2 实验方法

**仔、稚鱼摄食量及消化道饱满系数测定** 3~6日龄仔鱼每天取样,6~12日龄每2天取样,12~30日龄每3 d取样。取样时间为当地上午8:30左右,从鱼苗培育池中随机取样10尾。先目测法确定消化道饱满度,电子分析天平(上海卓精电子分析天平,1204型)测体质量。在光学显微镜(凤凰生物显微镜,PH100)和解剖镜(美佳朗,MCL-6STV)下测定仔、稚鱼全长;分离解剖仔、稚鱼消化道,分类统计摄食生物饵料及被消化后残留的外壳。对于无法分辨的内容物则忽略不计。食物团质量按各类饵料生物的平均个体大小折算获得。即轮虫、桡足类无节幼体、桡足类成体的平均湿重分别折算为3<sup>[13]</sup>和35 μg<sup>[19]</sup>。

**仔、稚鱼饱食时长和消化时长测定** 为减少应激,该实验在原培育池进行。在培育池角落布置一个200目筛绢网制作的小网箱(长×

宽×高分别为30 cm×30 cm×30 cm)。育苗期间,分别取4日龄仔鱼、9日龄仔鱼和23日龄稚鱼300余尾放于小网箱中暂养过夜,次日早上8:30开始投饵(5日龄仔鱼投喂轮虫,密度大约为15个/mL;10日龄仔鱼投喂桡足类无节幼体,密度大约为5个/mL;24日龄稚鱼投喂桡足类成体,密度大约为5个/mL),每隔30 min随机取样10尾逐一检测消化道饱满度直至全部饱食。待仔、稚鱼全部饱食,随机取样10尾在解剖镜下分离消化道,统计摄食生物饵料数量,并计算饱食量。另外,分别将饱食后的5日龄仔鱼、10日龄仔鱼和24日龄稚鱼100余尾转移到无饵料的水体内,每隔30 min随机取样10尾,逐一检测消化道饱满度直至全部排空。

**仔、稚鱼摄食节律的测定** 分别在5日龄仔鱼、10日龄仔鱼和24日龄稚鱼,自0:00至次日的0:00,共设8个时间点,每隔3 h取样1次,从鱼苗培育池中随机取样10尾,逐尾解剖并分类统计摄食生物饵料情况。

### 1.3 数据处理与分析

根据郭浩宇等<sup>[13]</sup>的方法评估杂交石斑鱼仔、稚鱼的摄食特性。

消化道饱满度测定是解剖鱼的消化道,用肉眼观察和鉴定消化道中食物的分量和等级,分别用0~4级表示。分级标准:0级表示消化道中没有食物或有极少量食物;1级表示部分消化道中有少量食物或食物占消化道的1/4;2级表示全部消化道中有少量食物或食物占消化道的2/4;3级表示食物较多或食物占消化道的3/4;4级表示食物多或整个消化道充满食物。

摄食发生率(%)为消化道内含有饵料的个体占总取样个体的比率。

饱食率(%)为所测个体中消化道饱满度为3级和4级的个体数占所测总个体数的百分比。

消化道饱满系数(%)为消化道内饵料质量占鱼苗体质量的百分比。

饱食时长(h)为胃排空个体由开始投喂饵料至消化道饱满度为3级和4级所需要的时间。

消化时长(h)为消化道饱满度为3级和4级的个体,在无饵料水体中排空消化道所需要的时间。

饱食量(mg)为消化道饱满度为3级和4级的个体的摄食量。

日摄食量(mg)为24 h内摄食的饵料量。

$$\text{日摄食量(mg)} = \frac{S \times T}{T_S + T_0}$$

式中,  $S$ 、 $T$ 、 $T_S$ 、 $T_0$ 分别为一次饱食量(mg)、24 h内可能的摄食时长(h)、饱食时长(h)及消化时长(h)

日摄食率(%)为日摄食量与鱼苗体质量的百分比。

根据陆丽君等<sup>[17]</sup>的方法计算杂交石斑鱼仔、稚鱼的生长特性:

$$\text{全长日增长率(\%)} = \frac{\lg L_2 - \lg L_1}{0.4343(t_2 - t_1)} \times 100$$

$$\text{体质量日增重率(\%)} = \frac{\lg W_2 - \lg W_1}{0.4343(t_2 - t_1)} \times 100$$

式中,  $L_2$ 、 $L_1$ 分别为 $t_2$ 、 $t_1$ 日龄时的全长;  $W_2$ 、 $W_1$ 分别为 $t_2$ 、 $t_1$ 日龄时的体质量(湿重)。

用SPSS 19.0计算数据的平均值和标准差,用mean±SD表示,用Excel 2010作图。

## 2 结果

### 2.1 摄食率及消化道饱满度

在人工培育条件下,水温为27.5~29.5 °C时,对130尾仔、稚鱼解剖观察,结果显示,仔稚鱼的摄食发生率很高,3日龄开口摄食的仔鱼消化道饱满度为1级,摄食发生率较低,仅为40%;随着个体的生长发育,4日龄以上的仔鱼摄食发生率均达100%,饱食率逐渐提高。4~10日龄仔鱼消化道饱满度2~3级,饱食率为30%~50%;12~21日龄仔鱼消化道饱满度2~4级,饱食率为70%~80%;24~30日龄稚鱼消化道饱满度2~4级,饱食率为80%~90%(表1)。

### 2.2 摄食量和消化道饱满系数

对130尾3~30日龄仔稚鱼摄食量的测定结果显示,3日龄开口仔鱼平均摄食量很低,仅为0.002 mg;至5日龄,仔鱼的摄食量快速增加到0.058 mg,饱满系数达到11.19%。3~18日龄仔鱼,摄食量呈逐渐上升的趋势,饱满系数为0.95%~11.26%;21~30日龄稚鱼摄食量也呈逐渐上升趋势,饱满系数为3.73%~5.95%(表2)。摄食量( $y$ )与体质量( $x$ )呈二项式方程相关,相关关系式为 $y=2.5675x^2+14.8120x-0.6364$ ( $R^2=0.9776$ )(图1)。

### 2.3 饱食时间、消化时间及日摄食情况

对杂交石斑鱼5日龄仔鱼、10日龄仔鱼和

表 1 不同发育阶段杂交石斑鱼仔稚鱼摄食发生率、饱食率及消化道饱满度  
 Tab. 1 The degree of digestive tract fullness, feeding incidence and satiation rate of hybrid grouper larvae and juvenile

日龄/d days after hatch	全长/mm total length	解剖数/尾 sample number	消化道饱满度/尾 degree of fullness					摄食发生率/% feeding incidence	饱食率/% satiation rate
			0级	1级	2级	3级	4级		
3	2.53±0.06	10	6	4	0	0	0	40	0
4	2.65±0.05	10	0	5	2	3	0	100	30
5	2.74±0.09	10	0	2	5	3	0	100	30
6	2.92±0.05	10	0	2	4	4	0	100	40
8	3.28±0.06	10	0	1	5	4	0	100	40
10	3.69±0.06	10	0	2	3	5	0	100	50
12	4.96±0.07	10	0	0	3	6	1	100	70
15	6.57±0.18	10	0	0	2	5	3	100	80
18	9.64±0.12	10	0	0	2	4	4	100	80
21	13.50±0.24	10	0	0	2	4	4	100	80
24	16.22±0.45	10	0	0	2	4	4	100	80
27	21.55±0.62	10	0	0	1	5	4	100	90
30	25.75±0.54	10	0	0	1	4	5	100	90
合计	total	130	6	16	32	51	25	95.38*	58.46*

注: \* 为平均值

Notes: \* indicates mean value

表 2 杂交石斑鱼仔稚鱼的摄食量和饱满系数

Tab. 2 Feeding amount and fullness coefficient of stomach of hybrid grouper larvae and juvenile

日龄/d days after hatch	体质量/mg body weight	解剖数/尾 sample number	平均摄食量/个 average feeding amount			平均摄食量/mg feed intake	饱满系数/% fullness coefficient of stomach
			轮虫 Rotifer	桡足类幼体 Copepod larvae	桡足类成体 Copepod adult		
3	0.19	10	0.6	—	—	0.002	0.95
4	0.25	10	5.6	0.1	—	0.017	6.92
5	0.52	10	11.9	4.5	—	0.058	11.19
6	0.87	10	13.2	9.2	—	0.086	9.84
8	1.22	10	5.2	14.6	—	0.089	7.26
10	1.96	10	0.2	11.5	3.3	0.174	8.86
12	2.47	10	0.2	6.5	7	0.278	11.26
15	3.59	10	—	1.5	9.6	0.344	9.57
18	11.46	10	—	1.2	18.8	0.664	5.79
21	22.50±5.75	10	—	0.3	38.2	1.339	5.95
24	43.41±8.91	10	—	1.8	71.8	2.522	5.81
27	99.19±5.69	10	—	3	105.3	3.701	3.73
30	166.75±7.28	10	—	1.1	161.6	5.662	3.40

注: “—”表示未发现

Notes: “—” indicates not found



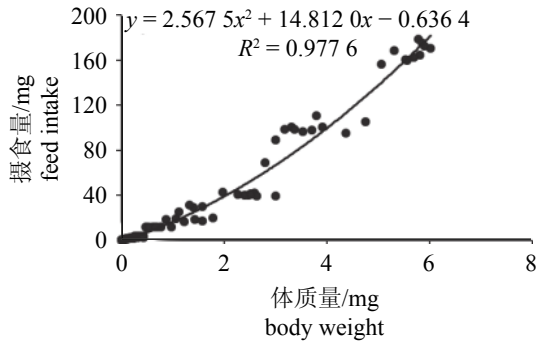


图1 杂交石斑鱼仔、稚鱼摄食量和鱼体质量的相关性

Fig. 1 Dependence relation of feed intake with body weight of the larva and juvenile of hybrid grouper

24日龄稚鱼的饱食时间和消化时间进行测定,结果显示,5日龄仔鱼摄食轮虫0.5 h即有30%个体达到饱食,摄食1.5 h达到全部饱食,在无饵料水体中,饱食轮虫的5日龄仔鱼经过0.5 h消化,

20%出现胃肠道排空,经过1.5 h所有个体胃肠道排空(表3)。10日龄仔鱼摄食桡足类幼体0.5 h即有30%个体达到饱食,摄食1 h可达到全部饱食;饱食状态下经过1 h消化,有30%个体出现胃肠道排空,所有个体胃肠道排空则需要2 h。24日龄稚鱼摄食桡足类成体0.5 h有40%个体饱食,1 h摄食即可达到全部饱食,在饱食状态下经过1.5 h消化则有20%个体出现胃肠道排空,3.5 h消化可达到全部排空。可见,随着仔、稚鱼摄食量的增大,消化时间由5日龄的1.5 h延长到10日龄的2 h,再增加到24日龄的3.5 h。

杂交石斑鱼仔、稚鱼日摄食量结果显示,5日龄仔鱼日摄食量为0.259 mg,日摄食率为49.85%;10日龄仔鱼日摄食量为0.442 mg,日摄食率为22.55%;24日龄稚鱼日摄食量为6.823 mg,日摄食率为15.72%。随着日龄延长,日摄食量随之增大,而日摄食率则下降(表4)。

表3 杂交石斑鱼仔、稚鱼的饱食时间和消化时间

Tab. 3 Satiation feeding time and digesting time of hybrid grouper larvae and juvenile

日龄/d days after hatch	全长/mm total length	发育阶段 development stage	饵料 diet	水温/°C water temperature	饱食时长/h time of satiation		消化时长/h time of gastrointestinal emptying	
					S0	S1	D0	D1
5	2.74±0.09	仔鱼期	轮虫	27.5	0.5	1.5	0.5	1.5
10	3.69±0.06	仔鱼期	桡足类幼体	28.0	0.5	1	1	2
24	13.50±0.24	稚鱼期	桡足类成体	29.0	0.5	1	1.5	3.5

注: S0. 饱食个体出现; S1. 全部饱食; D0. 排空个体出现; D1. 全部排空

Notes: S0. occurrence time of first fish satiated; S1. occurrence time of all fish satiated; D0. occurrence time of first fish gastrointestinal emptying; D1. occurrence time of all fish gastrointestinal emptying

表4 杂交石斑鱼仔、稚鱼日摄食情况

Tab. 4 Daily feeding traits of hybrid grouper larvae and juvenile

日龄/d days after hatch	平均体质量/mg body weight	饵料 diet	饱食量/mg satiation feeding amount	日摄食时间/h daily feeding time	日摄食量/mg daily feed intake	日摄食率/% daily feeding rate
5	0.52	轮虫	0.065	12	0.259	49.85
10	1.96	桡足类幼体	0.111	12	0.442	22.55
24	43.41	桡足类成体	2.559	12	6.823	15.72

## 2.4 仔、稚鱼的摄食节律

对杂交石斑鱼5日龄仔鱼、10日龄仔鱼和24日龄稚鱼的昼夜摄食节律观察发现,仔、稚鱼均为白天摄食,夜间均不摄食。5日龄仔鱼和10日龄仔鱼均出现两个摄食高峰,第一个摄食高峰均出现在上午9:00,平均摄食量分别为0.06 mg和0.19 mg;第二个摄食高峰均出现在下午18:00,平均摄食量分别为0.09 mg和0.21 mg。24日龄稚

鱼仅在上午12:00出现一个高峰,平均摄食量为1.53 mg(图2)。

## 2.5 生长特性

共测量130尾3~30日龄的仔、稚鱼的全长及其体质量。仔、稚鱼全长日增长率为3.65%~14.72%,平均全长日增长率为7.96%。全长(y)与日龄(x)的关系可用指数方程 $y=1.7092e^{0.0927x}$ 表

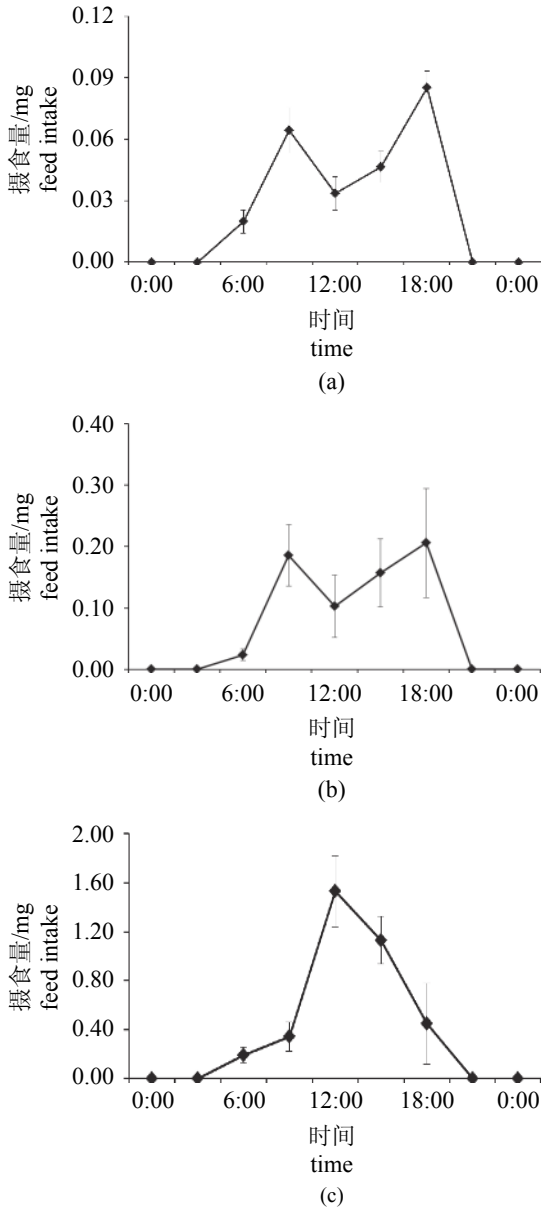


图 2 杂交石斑鱼仔、稚鱼摄食节律  
(a) 5日龄仔鱼; (b) 10日龄仔鱼; (c) 24日龄稚鱼

Fig. 2 The feeding rhythm of hybrid grouper larvae and juvenile

(a) 5 days after hatch; (b) 10 days after hatch; (c) 24 days after hatch

达, 决定指数 $R^2=0.991\ 0$ (图3-a); 仔、稚鱼体质量日增重率为11.56%~73.24%, 平均体质量日增重率为28.73%, 体质量( $y$ )与日龄( $x$ )的关系可用指数方程 $y=0.136\ 7e^{0.241\ 1x}$ 表达, 决定指数 $R^2=0.987\ 4$ (图3-b); 3~30日龄全长为2.42~26.46 mm, 体质量为0.19~178.25 mg, 体质量( $y$ )与全长( $x$ )的关系可用幂函数方程表达, 其相关方程为 $y=0.037\ 3x^{2.537\ 8}$ , 决定指数 $R^2=0.965\ 9$ (图3-c)。

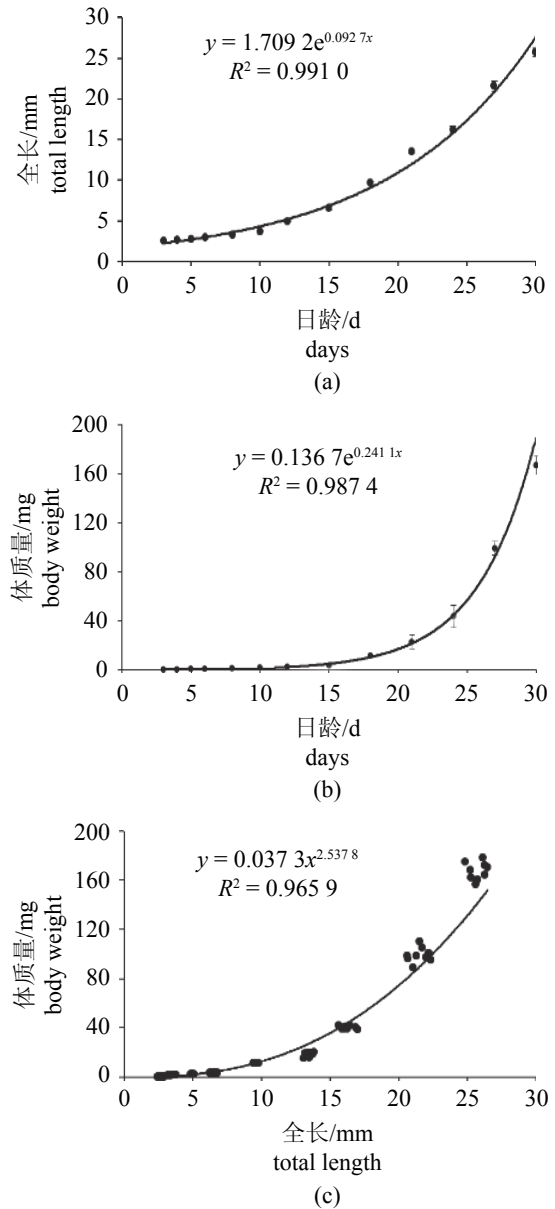


图 3 杂交石斑鱼仔、稚鱼全长、体质量的生长曲线及全长对体质量的相关曲线

Fig. 3 Growth curve (based on total length and body weight), and regression curves for total length and body weight for larva and juvenile

### 3 讨论

#### 3.1 杂交石斑鱼仔、稚鱼生物饵料系列

生物饵料的大小、营养物质丰富程度及鱼体活动能力等会影响仔、稚鱼生物饵料<sup>[20]</sup>。目前, 石斑鱼仔、稚鱼培育用的生物饵料基本相似, 通常为牡蛎受精卵、轮虫、卤虫无节幼体及桡足类等<sup>[15-16]</sup>。由于石斑鱼开口摄食仔鱼口径小, 在生产上可用牡蛎受精卵及小型轮虫作为

仔鱼的开口饵料。牡蛎受精卵大小虽与仔鱼口径适合,能被摄食,但有时难获得优质的牡蛎受精卵,并容易受污染水质<sup>[15]</sup>及营养不足<sup>[21]</sup>等方面的影响。室内培育的轮虫及卤虫无节幼体未经强化,因缺乏DHA及EPA而无法满足仔、稚鱼的营养需求<sup>[22]</sup>,投喂前需经小球藻、营养强化剂强化6~12 h<sup>[23]</sup>。在本研究中,杂交石斑鱼自初孵仔鱼至30日龄稚鱼育苗过程中,1~3日龄仔鱼为内源性营养;3日龄仔鱼可以摄食小轮虫;4~8日龄摄食轮虫及桡足类无节幼体;8~30日龄仔、稚鱼摄食桡足类无节幼体及成体。随着个体的发育,及时调整饵料的种类及数量,以满足个体发育的需要。生物饵料均来源于室外池塘培育的轮虫及桡足类,经不同目数的筛绢网过滤后获得。本实验生物饵料系列采用桡足类替代卤虫无节幼体,因其所含的高度不饱和脂肪酸较高,能满足石斑鱼仔稚鱼生长发育的营养需求<sup>[24]</sup>。结果显示,3日龄仔鱼摄食发生率为40%,4日龄之后的仔、稚鱼摄食发生率均为100%,并且其生长状况说明这一生物饵料系列适用于杂交石斑鱼仔、稚鱼。

### 3.2 杂交石斑鱼仔、稚鱼摄食能力

仔鱼依靠视觉搜索、选择和捕食生物饵料,只有进入仔鱼视野敏感区的生物饵料才能引起仔鱼向前猛扑的摄食反应<sup>[25]</sup>。这种摄食反应通常受到饵料大小、食饵逃避、仔鱼与饵料的相遇频率、温度及光照等因素影响<sup>[25]</sup>。在人工育苗条件下,人为调控适宜温度、光照及饵料充足情况下,鱼类仔、稚鱼往往具有较高的摄食能力。如漠斑牙鲆(*Paralichthys lethostigma*)仔、稚、幼鱼平均摄食率为83.0%<sup>[26]</sup>;花鲈(*Lateolabrax japonicus*)仔、稚、幼鱼的摄食率达99.1%<sup>[27]</sup>;花尾胡椒鲷(*Plectorhynchus cinctus*)全长6 mm以上的仔、稚鱼摄食率达100%<sup>[28]</sup>;5~30日龄云纹石斑鱼平均摄食率为99.37%<sup>[17]</sup>;斜带石斑鱼4日龄以上个体摄食率达100%<sup>[15]</sup>;许氏平鲉(*Sebastes schlegelii*)2日龄仔鱼白天最高摄食率达100%<sup>[13]</sup>。本研究表明,3~30日龄杂交石斑鱼仔、稚鱼平均摄食率达95.38%,4日龄之后的个体摄食率达100%,平均饱食率为58.46%,15日龄之后的个体饱食率高于80%。而且5日龄、10日龄及24日龄个体从饥饿状态到饱食状态需要1~1.5 h,这表明杂交石斑鱼仔、稚鱼具有较强的摄食能力。在人工育苗生产过程中,育苗池内提供数量充

足、大小适口的生物饵料,可保证仔、稚鱼的充分摄食。有研究表明,当水体中轮虫密度为20个/mL时,会对仔鱼的活动及水质产生不利影响,从而降低花鲈仔鱼的成活率及生长速率<sup>[29]</sup>。因此,基于生物饵料的成本节约及水质污染考虑,在保证仔、稚鱼充分摄食的情况下,可减少生物饵料的投喂量。根据仔、稚鱼发育阶段,及时掌握育苗池内生物饵料的消减情况,适当调节投喂策略有助于提高鱼苗的摄食率及生长。

### 3.3 杂交石斑鱼仔、稚鱼日摄食量及消化时间

研究表明,鱼类仔、稚鱼日摄食量及消化时间均随着个体发育而逐渐增大,这是因为仔鱼阶段胃部还处在发育完善中,胃容量小,单次摄食量少,消化时间较短,需要通过增加摄食频率来获得更多的饵料;较大个体稚鱼或幼鱼胃容量增大,单次摄食量多,需要更多的时间进行消化<sup>[30]</sup>。如许氏平鲉平均日摄食量由前期仔鱼的0.71 mg逐渐增加至后期仔鱼的1.53 mg,继而增加至稚鱼的2.40 mg,日摄食率由前期仔鱼的42.26%逐渐降低至稚鱼的13.07%<sup>[13]</sup>;半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis*)日摄食量由6日龄的0.72 mg,逐渐增加至16日龄的1.19 mg及38日龄的11.76 mg,而日摄食率则呈逐渐下降趋势<sup>[31]</sup>。本实验中,杂交石斑鱼5日龄仔鱼、10日龄仔鱼及稚鱼(24日龄)的日摄食量逐渐增加,分别为0.259、0.442及6.823 mg,日摄食率呈现降低趋势,由5日龄的49.85%逐渐降至24日龄的15.72%。5日龄仔鱼对轮虫的消化时间为1.5 h,10日龄仔鱼对桡足类无节幼体的消化时间为2 h,24日龄稚鱼对桡足类成体的消化时间为3 h。谢仰杰等<sup>[15]</sup>的研究结果显示,斜带石斑鱼10日龄仔鱼对轮虫的消化时间为1.5 h,25日龄稚鱼对桡足类的消化时间为3 h;而张海发等<sup>[14]</sup>研究结果显示,15日龄的斜带石斑鱼仔鱼对轮虫的消化时间为2 h;刘银华等<sup>[16]</sup>的研究结果显示,云纹石斑鱼15日龄仔鱼对轮虫的消化时间为3.17 h,39日龄稚鱼对桡足类的消化时间为4.5 h,而陆丽君等<sup>[17]</sup>研究发现,21日龄的云纹石斑鱼仔鱼对L型轮虫的个体排空时间为3 h 15 min;35日龄稚鱼对卤虫的个体排空时间为2 h 35 min。10日龄褐点石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交子代对L型轮虫的消化时间为1 h 45 min,34日龄稚鱼对卤虫幼体的消化

时间为3 h 20 min<sup>[4]</sup>。可见, 石斑鱼仔稚鱼的消化时间随着个体的发育及摄食量的增加而延长, 但种间有所差异。考虑到水温、饵料种类及大小等因素, 石斑鱼早期发育阶段仔鱼对轮虫的消化时间为2~3 h; 稚鱼对桡足类及卤虫的消化时间为3~4 h。在石斑鱼育苗过程中, 应根据不同发育阶段摄食量及消化时间的变化及时调整投饵种类、投喂时间及投喂量。

### 3.4 杂交石斑鱼仔、稚鱼摄食节律

摄食节律是鱼类在长期演化过程中在光照、温度、饵料等周期性变动的环境下主动适应的结果<sup>[32]</sup>。早在1986年, 就有学者将鱼类摄食活动节律性分为白天摄食、夜间摄食、晨昏摄食及无明显节律4种类型<sup>[33]</sup>。鱼类摄食节律与其感觉器官息息相关, 是多种感觉器官共同作用的结果<sup>[34]</sup>。不同生态习性的鱼类起主导作用的感觉器官不同, 白天摄食的鱼类, 由于视觉能很好地起作用, 一般优先利用视觉器官; 晨昏或照度低下的鱼类, 一般仍利用视觉捕食, 同时利用侧线机械感觉捕食; 夜间摄食鱼类, 视觉在摄食中作用有限, 主要利用其化学感觉摄食<sup>[35]</sup>。本实验发现, 杂交石斑鱼5日龄仔鱼、10日龄仔鱼在早晨和傍晚出现摄食高峰, 稚鱼的摄食高峰出现在正午12:00, 夜间未发现有摄食迹象, 属于白天摄食类型。褐点石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交子代仔稚鱼摄食高峰出现在9:00和14:30左右<sup>[4]</sup>; 斜带石斑鱼仔鱼为白天摄食类型, 稚鱼的摄食高峰为正午12:00<sup>[15]</sup>; 云纹石斑鱼10日龄仔鱼分别在9:00和15:00出现摄食高峰, 39日龄稚鱼分别在7:00和13:00出现摄食高峰<sup>[16]</sup>。虽然不同石斑鱼仔稚鱼摄食高峰时间有所不同, 但说明石斑鱼的摄食节律明显, 为白天摄食为主的类型。因此, 石斑鱼人工育苗过程中, 根据这一摄食特性, 合理安排投喂时间及投喂量, 以满足仔稚鱼快速生长的营养需求。在早晨应尽早投喂以保证有较长的摄食时间; 在摄食高峰之前, 生物饵料要投喂充足; 在夜间不必投喂并尽量减少育苗池的饵料量。有研究表明, 鱼的摄食节律可能与其内源性激素和相关酶的调节有关。曹香林等<sup>[36]</sup>研究发现, 草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)的消化酶活性呈现出昼夜节律, 这与草鱼的摄食节律有一定的关系。因此, 石斑鱼的摄食节律机制问题还需要进一步探讨。

### 3.5 杂交石斑鱼仔、稚鱼生长特性

杂交石斑鱼仔、稚鱼的全长生长和体质量的增长趋势相似。仔鱼期的生长速率较快, 到稚鱼期的生长速率有所降低。分析杂交石斑鱼3~30日龄的仔、稚鱼的体质量与全长的相关方程, 其幂指数接近3, 表明其体质量与全长的三次方成正比, 可认为属于均匀生长类型。这与斜带石斑鱼<sup>[15]</sup>、褐点石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交子代<sup>[4]</sup>、云纹石斑鱼<sup>[16]</sup>仔、稚鱼的生长特性相似。有研究表明, 石斑鱼人工育苗过程中, 由于个体间生长速率差异较大, 导致出现残食现象。如39日龄的斜带石斑鱼全长和体质量的个体大小差异达1.45倍和2.71倍<sup>[15]</sup>; 培育到44日龄的斜带石斑鱼由于互残, 育苗损失率高达52.7%<sup>[37]</sup>; 云纹石斑鱼23日龄仔鱼最大个体和最小个体间全长和体质量的差异分别达到1.41倍和2.71倍, 已出现残食现象<sup>[16]</sup>。这说明残食现象是石斑鱼的习性, 很难改变, 尤其是在饵料不足的情况下更为严重。在杂交石斑鱼的人工育苗中, 同样也发现此现象, 因此, 要保证白天水体饵料充足, 以满足不同个体生长的需要。在育苗实践中, 减少苗种个体间相互残食的行为, 是提高鱼苗成活率的有效方法之一。

### 3.6 杂交石斑鱼早期培育要点

根据杂交石斑鱼仔、稚鱼的摄食与生长的研究数据, 该杂交石斑鱼早期培育要点: ①随着鱼苗的发育, 必须投喂不同的饵料生物。生物饵料系列为轮虫→桡足类无节幼体→桡足类无节成体。每次更换饵料, 要有2~3 d的过渡, 以便多数鱼苗能很好地适应新饵料, 更换饵料要适时, 太迟影响鱼苗的生长, 太早则由于大部分个体还不能摄食, 不仅浪费, 还会导致生长不均衡。②杂交石斑鱼仔、稚鱼在早晨和傍晚出现摄食高峰, 在早晨应尽早投喂以保证有较长的摄食时间; 在摄食高峰之前, 生物饵料要投喂充足。③该杂交石斑鱼5日龄仔鱼对轮虫的消化时间为1.5 h, 10日龄仔鱼对桡足类无节幼体的消化时间为2 h, 24日龄稚鱼对桡足类成体的消化时间为3 h, 根据这一特性, 针对不同发育阶段摄食量及消化时间的变化及时调整投饵种类、投喂时间及投喂量。④提高投饵频率, 次数多可使仔、稚鱼保持饱食状态并明显降低残食比例。



## 参考文献:

- [1] Sun Y, Guo C Y, Wang D D, *et al.* Transcriptome analysis reveals the molecular mechanisms underlying growth superiority in a novel grouper hybrid (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂)[J]. *BMC Genomics*, 2016, 17(1): 24.
- [2] 刘付永忠, 赵会宏, 刘晓春, 等. 赤点石斑鱼♂与斜带石斑鱼♀杂交初步研究[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2007, 46(3): 72-75.
- Liufu Y Z, Zhao H H, Liu X C, *et al.* Preliminary study on the hybrid red-spotted grouper (*Epinephelus akaara*) ♂ × Orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) ♀[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2007, 46(3): 72-75(in Chinese).
- [3] 吴水清, 李加儿, 区又君, 等. 斜带石斑鱼(♀) × 鞍带石斑鱼(♂)杂交子代仔、稚鱼的异速生长[J]. *中国水产科学*, 2014, 21(3): 503-510.
- Wu S Q, Li J E, Ou Y J, *et al.* Allometric growth of hybrid grouper (*Epinephelus coioides* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) larvae and juveniles[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2014, 21(3): 503-510(in Chinese).
- [4] 于欢欢, 李炎璐, 陈超, 等. 棕点石斑鱼(♀) × 鞍带石斑鱼(♂)杂交F<sub>1</sub>仔、稚、幼鱼的摄食与生长特性分析[J]. *中国水产科学*, 2015, 22(5): 968-977.
- Yu H H, Li Y L, Chen C, *et al.* Feeding habits and growth characteristics of larval, juvenile, and young F<sub>1</sub> of *Epinephelus fuscoguttatus* (♀) × *E. lanceolatus* (♂)[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2015, 22(5): 968-977(in Chinese).
- [5] 李炎璐, 王清印, 陈超, 等. 云纹石斑鱼(♀) × 七带石斑鱼(♂)杂交子一代胚胎发育及仔稚幼鱼形态学观察[J]. *中国水产科学*, 2012, 19(5): 821-832.
- Li Y L, Wang Q Y, Chen C, *et al.* Embryonic and morphological development in larva, juvenile, and young stages of F<sub>1</sub> by *Epinephelus moara* (♀) × *E. septemfasciatus* (♂)[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2012, 19(5): 821-832(in Chinese).
- [6] 杨求华, 黄种持, 郑乐云, 等. 云纹石斑鱼(♀) × 赤点石斑鱼(♂)杂交子代胚胎发育及生长[J]. *海洋渔业*, 2014, 36(3): 224-231.
- Yang Q H, Huang Z C, Zheng L Y, *et al.* Embryonic development and growth of hybrid from the hybridization of *Epinephelus moara* (♀) × *E. akaara* (♂)[J]. *Marine Fisheries*, 2014, 36(3): 224-231(in Chinese).
- [7] 黄建盛, 陈刚, 张健东, 等. 盐度对杂交石斑鱼受精卵孵化和卵黄囊仔鱼形态及活力的影响[J]. *中国水产科学*, 2017, 24(3): 507-515.
- Huang J S, Chen G, Zhang J D, *et al.* Effects of salinity on fertilized eggs hatch, morphology and survival activity of yolk sac larvae of hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus polyphkadion* ♂)[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2017, 24(3): 507-515(in Chinese).
- [8] 黄建盛, 张敬威, 陈刚, 等. 褐点石斑鱼(♀) × 清水石斑鱼(♂)杂交子代幼鱼形态性状对体质量影响的通径分析[J]. *广东海洋大学学报*, 2017, 37(3): 23-28.
- Huang J S, Zhang J W, Chen G, *et al.* Path analysis of morphometric traits on body weight for hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. polyphkadion* ♂)[J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2017, 37(3): 23-28(in Chinese).
- [9] James C M, Al-Thobaiti S A, Rasem B M, *et al.* Potential of grouper hybrid (*Epinephelus fuscoguttatus* × *E. polyphkadion*) for Aquaculture[J]. *Naga, the World-Fish Center*, 1999, 22(1): 19-23.
- [10] 郑怀平. 鱼类早期生活史的营养与摄食[J]. *盐城工学院学报*, 1999, 12(3): 63-66.
- Zheng H P. Nutrition and feeding of early life history of fishes[J]. *Journal of Yancheng Institute of Technology*, 1999, 12(3): 63-66(in Chinese).
- [11] 殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展[J]. *水产学报*, 1991, 15(4): 348-458.
- Yin M C. Advances and studies on early life history of fish[J]. *Journal of Fisheries of China*, 1991, 15(4): 348-458(in Chinese).
- [12] 张雅芝, 郑斯电. 鲩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): 117-126.
- Zhang Y Z, Zheng S D. The feeding habits and the growth of *Nibea miichthioides* in the early developmental stage[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1999, 30(2): 117-126(in Chinese).
- [13] 郭浩宇, 张秀梅, 张宗航, 等. 许氏平鲉仔、稚鱼的摄食特性及幼鱼胃排空率[J]. *水产学报*, 2017, 41(2): 285-296.
- Guo H Y, Zhang X M, Zhang Z H, *et al.* Study on feeding habits of *Sebastes schlegelii* larvae and gastric evacuation rate of juvenile[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2017, 41(2): 285-296(in Chinese).

- [14] 张海发, 刘晓春, 林浩然, 等. 斜带石斑鱼仔鱼的摄食节律及日摄食量[J]. 水产学报, 2004, 28(6): 669-674.  
Zhang H F, Liu X C, Lin H R, *et al.* Studies on feeding rhythm and daily feeding amount of larval *Epinephelus coioides*[J]. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(6): 669-674(in Chinese).
- [15] 谢仰杰, 翁朝红, 苏永全, 等. 斜带石斑鱼仔稚鱼生长和摄食的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2007, 46(1): 123-130.  
Xie Y J, Weng Z H, Su Y Q, *et al.* Studies on growth and feeding of larva and juvenile of *Epinephelus coioides*[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2007, 46(1): 123-130(in Chinese).
- [16] 刘银华, 张雅芝, 钟幼平, 等. 云纹石斑鱼仔稚鱼的摄食习性与生长特性[J]. 应用海洋学学报, 2015, 34(3): 388-396.  
Liu Y H, Zhang Y Z, Zhong Y P, *et al.* Studies on feeding habit and growth characteristic of larva and juvenile of *Epinephelus moara*[J]. Journal of Applied Oceanography, 2015, 34(3): 388-396(in Chinese).
- [17] 陆丽君, 陈超, 马爱军, 等. 云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)早期发育阶段的摄食与生长特性[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(6): 822-829.  
Lu L J, Chen C, Ma A J, *et al.* Studies on the feeding behavior and morphological developments of *Epinephelus moara* in early development stages[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2011, 42(6): 822-829(in Chinese).
- [18] 吴雷明, 陈超, 翟建明, 等. 七带石斑鱼仔鱼摄食习性的观察[J]. 渔业科学进展, 2013, 34(2): 58-64.  
Wu L M, Chen C, Zhai J M, *et al.* Observation of the larval feeding habits of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2013, 34(2): 58-64(in Chinese).
- [19] 林雅蓉, 王荣, 高尚武. 胶州湾桡足类的生物学研究 II. 小拟哲水蚤的个体重量测定及体长——体重关系[J]. 海洋科学, 1987(5): 41-45.  
Lin Y R, Wang R, Gao S W. Studies on the biology of copepods from Jiaozhou Bay II. body weight and length-weight relationship of *Paracalanus parvus* (Claus)[J]. Marine Sciences, 1987(5): 41-45(in Chinese).
- [20] 汤保贵, 陈刚, 吴灶和. 海水仔鱼开口生物饵料的研究进展[J]. 饲料研究, 2006(4): 43-44.  
Tang B G, Chen G, Wu Z H. Recent advances in the research of live food organisms for larvae marine fish[J]. Feed Research, 2006(4): 43-44(in Chinese).
- [21] 邹记兴, 胡超群, 肖耀兴, 等. 石斑鱼性控技术与育苗现状及产业化概述[J]. 水利渔业, 2000, 20(2): 1-3.  
Zou J X, Hu C Q, Xiao Y X, *et al.* Overview on the technology and breeding status of grouper and its industrialization[J]. Reservoir Fisheries, 2000, 20(2): 1-3(in Chinese).
- [22] 于建华, 任绍洁. 微藻在轮虫营养强化中的应用研究进展[J]. 饲料研究, 2015(24): 36-38.  
Yu J H, Ren S J. Advances in application of microalgae in rotifer nutrition fortification[J]. Feed Research, 2015(24): 36-38(in Chinese).
- [23] 王胜, 刘永坚, 田丽霞, 等. 斜带石斑仔鱼不同饵料的营养分析及其对生长和鱼体脂肪酸组成的影响[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2003, 42(S2): 210-213.  
Wang S, Liu Y J, Tian L X, *et al.* Nutritional analysis of different diets and effect of diets on growth and fatty acid composition in larval grouper *Epinephelus coioides*[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2003, 42(S2): 210-213(in Chinese).
- [24] 蒋建斌, 陆建学. 海水桡足类的营养及在鱼、虾、蟹幼体培育中的应用[J]. 渔业信息与战略, 2012, 27(1): 61-65.  
Jiang J B, Lu J X. The nutrition of marine copepods and its application in fish, shrimp and crab larvae culture[J]. Fisheries Information & Strategy, 2012, 27(1): 61-65(in Chinese).
- [25] 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长[J]. 水产学报, 1995, 19(4): 335-342.  
Yin M C. Feeding and growth of the larva stage of fish[J]. Journal of Fisheries of China, 1995, 19(4): 335-342(in Chinese).
- [26] 秦志清, 林越超, 张雅芝, 等. 漠斑牙鲆仔、稚、幼鱼的形态发育研究[J]. 台湾海峡, 2008, 27(3): 472-481.  
Qin Z Q, Lin Y J, Zhang Y Z, *et al.* Study on the early development of southern flounder *Paralichthys lethostigma*[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2008, 27(3): 472-481(in Chinese).
- [27] 张雅芝, 郑金宝, 谢仰杰, 等. 花鲈仔、稚、幼鱼摄食习性与生长的研究[J]. 海洋学报, 1999, 21(5): 110-119.  
Zhang Y Z, Zheng J B, Xie Y J, *et al.* The feeding habits and growth of larval, juvenile and young *Lateolabrax japonicus*[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1999, 21(5): 110-

- 119(in Chinese).
- [28] 张雅芝, 谢仰杰, 张文生. 花尾胡椒鲷早期发育阶段的摄食与生长特性[J]. *台湾海峡*, 2000, 19(1): 27-35.  
Zhang Y Z, Xie Y J, Zhang W S. Feeding habits and growth of *Plectorhynchus cinctus* in early developmental stage[J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2000, 19(1): 27-35(in Chinese).
- [29] 谢仰杰, 翁朝红, 蔡仪. 饵料密度对花鲈仔鱼生长和存活的影响[J]. *海洋科学*, 2000, 19(1): 23-26.  
Xie Y J, Weng Z C, Cai Y. Effects of prey concentrations on growth and survival of sea perch, *Lateolabrax japonicus* larvae[J]. *Marine Sciences*, 2000, 19(1): 23-26(in Chinese).
- [30] Brett J R, Groves T D D. Physiological energetics[J]. *Fish Physiology*, 1979, 8: 279-352.
- [31] 马爱军, 柳学周, 徐永江, 等. 半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)早期发育阶段的摄食特性及生长研究[J]. *海洋与湖沼*, 2005, 36(2): 130-138.  
Ma A J, Liu X Z, Xu Y J, *et al.* Study on feeding behavior and growth of tongue sole *Cynoglossus semilaevis* in early development stage[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2005, 36(2): 130-138(in Chinese).
- [32] 赵建, 鲍伟君, 叶章颖, 等. 基于不同检测方法的养殖鱼类昼夜摄食节律研究进展[J]. *渔业现代化*, 2016, 43(2): 17-21, 38.  
Zhao J, Bao W J, Ye Z Y, *et al.* Different detection methods based research progress on diel feeding rhythms of cultured fishes[J]. *Fishery Modernization*, 2016, 43(2): 17-21, 38(in Chinese).
- [33] Helfman G S. Fish behaviour by day, night and twilight[M]//Pitcher T J. *The Behaviour of Teleost Fishes*. Boston, MA: Springer, 1986: 366-387.
- [34] 王新安, 马爱军. 化学感觉和机械感觉与鱼类摄食行为关系的研究进展[J]. *海洋水产研究*, 2007, 28(6): 104-108.  
Wang X A, Ma A J. The progress of studies on the relationship between feeding behavior and chemical or mechanical sense in fish[J]. *Marine Fisheries Research*, 2007, 28(6): 104-108(in Chinese).
- [35] 梁旭方, 何大仁. 鱼类摄食行为的感觉基础[J]. *水生生物学报*, 1998, 22(3): 278-284.  
Liang X F, He D R. Sensory basis in the feeding behaviour of fishes[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1998, 22(3): 278-284(in Chinese).
- [36] 曹香林, 郭蓓, 彭墨, 等. 不同发育阶段草鱼消化酶活力的变化及其昼夜节律[J]. *河南农业科学*, 2009(7): 120-123.  
Cao X L, Guo B, Peng M, *et al.* Circadian rhythms of digestive enzyme activities of *Ctenopharyngodon idella* of different developmental stages[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2009(7): 120-123(in Chinese).
- [37] 周仁杰, 林涛. 斜带石斑鱼人工育苗技术试验[J]. *台湾海峡*, 2002, 21(1): 57-62.  
Zhou R J, Lin T. Studies on technique of artificial fry rearing of *Epinephelus coioides*[J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2002, 21(1): 57-62(in Chinese).

## Feeding habits and growth characteristics of larvae and juvenile hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀×*E. polyphemus*♂)

CHEN Gang, HUANG Jiansheng, ZHANG Jiandong\*, WANG Zhongliang,  
TANG Baogui, PAN Chuanhao

(Fishery College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

**Abstract:** Hybridization is the most effective and thus widely used technique in the artificial breeding of grouper. Feeding habit is one of the most crucial variables for feeding strategy in early development stage of fish. Diet and feeding time with good feeding habit will increase the survival rate and the feed efficiency greatly. In order to understand the feeding characteristics of hybrid grouper(*Epinephelus fuscoguttatus*♀×*E. polyphemus*♂) during the early development stage, feeding habits and growth of larvae and juveniles in condition of artificial culture were examined by using ecological method of simple random sampling at water temperature of 27.5–31 °C. Results showed that hybrid grouper had already acquired good foraging capability at larvae stage. 3 days after hatch (DAH) opened its mouth and started to feed and feeding incidence was 40%. At 3 DAH, feeding incidence was 100% of larvae and juvenile. Feed intake of larvae and juvenile increased with the increase of body mass, which can be expressed by binomial equation. The fullness coefficient of stomach fluctuated in the range of 0.95%–11.26%. Larvae and juveniles could spend less than 1.5 h on feeding from empty to full in stomach, the larvae spend 0.5–1 h on digesting rotifers and 1–2 h on digesting copepods larvae, and the juveniles spend 1.5–3.5 h on digesting copepods adult. The daily feeding intake rates of hybrid grouper were 49.85%(5 DAH), 22.55%(10 DAH) and 15.72%(24 DAH), which could be a reference for daily feeding of larvae and juvenile in artificial seedling. The feeding behavior of hybrid grouper larvae and juveniles mainly occurred at daytime. They had obvious circadian rhythm of feeding. The feeding rhythm of larvae (3 DAH and 10 DAH) exhibited feeding peak at 9:00 and 18:00, and the feeding peak of 24 DAH larvae was at 12:00. The average daily growth rate was 7.96% and the average daily weight gain was 28.73% during the 3–30 DAH larvae and juveniles. The relationship between total length, body weight and age (in days) can be expressed as exponential equation, respectively. The relationship between body weight ( $y$ ) and total length ( $x$ ) could be expressed to be  $y=0.0373x^{2.5378}$ ,  $b=2.5378$  is approximately equal to 3. It shows that the growth of larvae and juveniles of hybrid grouper belongs to the type of isokinetic growth.

**Key words:** *Epinephelus fuscoguttatus*; *Epinephelus polyphemus*; hybridization; larvae; juvenile; feeding; growth

**Corresponding author:** ZHANG Jiandong. E-mail: yzxzjd@126.com

**Funding projects:** Project of Guangdong Provincial Science and Technology Department (2016B020201009, 2013B090700010); Project of Guangdong Provincial Department of Education Key Laboratory of University (2013CXDA019); Project of Enhancing School with Innovation of Guangdong Ocean University (GDOU2016050251)