

文章编号:1005-8737(2001)01-0059-05

大海马在人工养殖条件下的生长速率

吕军仪¹, 吴金英¹, 杨大伟¹, 曾 华¹, 李秉记², 黄 琨², 陈 琳²

(1. 中山大学生命科学院, 广州 510275; 2. 广东亿达洲海马养殖基地, 广东 陆丰 516500)

摘 要:报道了在人工养殖条件下, 大海马(*Hippocampus kuda* Bleeker)的体长与体重的相对增长率、生长比率及生长速度与饵料、水温等环境因子的关系。结果表明, 大海马生长高峰期为5~11月, 群体体长月平均增长率为12.20%, 体长特定增长率为15.92%; 体重月平均增重率为15.87%, 体重特定增重率为27.70%, 群体增重倍数为13.8。大海马体长呈逻辑斯蒂曲线增长, 关系式为: $L = 192.346 0 / (1 + e^{2.496 4 - 0.605 1 M})$ 。大海马的饵料系数为1.18, 饵料转化率为0.85, 体重与体长生长关系式为: $W = 3.169 9 \times 10^{-3} L^{1.676 7}$ 。

关键词:大海马; 生长率; 饵料; 环境因子

中图分类号:Q959.474

文献标识码:A

海马系珍贵海生药用动物, 被国家列为重点发展的“南药”品种。国内郑葆珊等^[1]对海马分类、形态特征和分布已作了报道, 50年代三班海马试养成功, 继而进行“南海马北移”试验和人工繁殖试验^[2~4]。80年代林华英^[5]进行环境因子对仔海马发育、生长的影响研究。90年代梁炳盛^[6]对海马的生活习性及其仔、稚鱼饵料进行了报道。国外有关海马的研究集中于形态分类和地域分布、生理生态和生殖等方面的报道^[7~9], 而对人工养殖海马的报道甚为少见。笔者在广东亿达洲海马养殖基地, 采用流水养殖进行大海马在人工养殖条件下的生长研究, 以解决海马资源紧缺问题。

1 材料与方法

1.1 大海马种苗

试验种苗来自广东亿达洲海马养殖基地的春苗, 随机选取体质健壮, 完整无损的幼海马, 体长范围为30.1~50.0 mm, 体重范围为0.51~2.50 g。

1.2 养殖环境

收稿日期:2000-06-19

基金项目:广东省重点科技计划基金资助项目(99M03201G)

作者简介:吕军仪(1943-), 男, 中山大学生命科学院教授、博士生导师, 从事水生经济动物养殖学与病害学研究。

用9个60 cm×40 cm×50 cm的玻璃箱体, 设进、排水口, 箱底设散气石, 充气大小可人工调节, 养殖用水为经过沉淀、过滤的天然海水, 除投饵停水外, 采用流水养殖, 每天补水量为0.5~1倍。

1.3 供试种苗处理

1.3.1 放养密度 每个箱体放养20尾, 设3个平行组, 每组3个箱体。

1.3.2 种苗测量 放养前测量每尾大海马的体长(全长)、体重。每隔1个月取样1次, 记录体长和体重, 并记录存活数量, 消毒, 继续饲养。

1.3.3 饵料 试验第1个月用浮游动物(轮虫、枝角类、桡足类和糠虾)投喂量各占一半; 从第2个月开始, 全部投喂糠虾, 投喂量为上个月体重的5%, 每天分2次投喂, 投喂时间为上午6:00和下午16:00, 每次投喂6 h后, 待澄清后, 用虹吸经300目的筛绢网过滤并称残饵重, 记录。

1.3.4 环境理化因子 每天定时记录水温、盐度(日产盐度折射仪)、pH(日产手提式pH测定仪)、溶解氧(上海产溶氧测定仪), 计算月平均值。

1.4 生长的测量方法与计算^[10]

1.4.1 长度法 增长率 $L' = (L_t - L_0) / L_0 \times 100\%$

平均增长率 $L = (L_t - L_0) / [M(L_t + L_0) / 2] \times$

100%

 L_0 - 开始时体长; L_t - 结束时体长; M - 月数。1.4.2 重量法 增重率 $W = (W_t - W_0) / W_0 \times 100\%$ 平均增重率 $W' = (W_t - W_0) / [M(W_t + W_0) / 2] \times 100\%$ W_0 - 开始时体重; W_t - 结束时体重; M - 月数。1.4.3 特定增长率 $a_1 = 100[10^{(L_t - L_0)/T} - 1]$ $a_2 = 100[10^{(W_t - W_0)/T} - 1]$ a_1 - 体长特定增长率; a_2 - 体重特定增重率; T - 某一特定养殖时间。

1.4.4 生长速度公式

体长增长速度(mm/d) = (本月体长 - 上月体长) / 所隔天数

体重增重速度(g/d) = (本月体重 - 上月体重) / 所隔天数

1.4.5 摄食公式

平均摄食量 = (投饵量 - 剩饵量) / 存活尾数

饵料系数 = 平均摄食量 / 平均增重量

饵料转化率 = 平均增重量 / 平均摄食量

增肉单价 = 饵料系数 × 饵料单价

2 试验结果

2.1 大海马群体生长

2.1.1 大海马群体体长增长速度、增长率与特定增长率 5~11月之间是大海马体长快速增长时期, 10月体长平均增长率为29.25%, 11月体长平均增长速度达到1.08 mm/d(表1), 从11月以后, 体长的增长率和体长平均增长速度逐渐下降, 但仍维持一定的增长率和增长速度。大海马群体体长月平均增长率为12.20%, 体长特定增长率为15.92%, 平均存活率为90.8%。

2.1.2 大海马群体体重增重速度、增重率与特定增重率 大海马体重的增重与其体长相似, 即5~11月是大海马快速增重阶段, 10月体重平均增重率达到48.63%, 11月体重平均增重速度为0.16 g/d(表1), 11月之后, 增重率逐月下降, 1~2月增重率最低。大海马群体体重月平均增重率为15.87%, 体重特定增重率为27.70%, 群体增重倍数为13.8。

表1 大海马群体生长情况

Table 1 Population growth of *Hippocampus kuda*

生长状态 Growth	时间/月 Month											
	1994						1995					
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
平均体长/mm Average BL	37.57 ± 2.43	46.79 ± 4.76	59.50 ± 3.14	79.57 ± 3.60	100.48 ± 3.85	134.91 ± 12.42	163.13 ± 12.78	177.82 ± 11.17	184.45 ± 10.63	187.44 ± 9.78	189.29 ± 9.88	190.86 ± 9.12
增长率/% Growth rate of BL		24.52	27.17	33.73	26.29	34.27	20.92	9.01	3.73	1.62	0.99	0.93
平均体重/g Average BW	1.53 ± 0.43	1.85 ± 0.47	2.90 ± 0.87	4.74 ± 1.06	7.30 ± 0.92	11.99 ± 1.81	16.45 ± 1.83	18.39 ± 2.36	19.31 ± 1.84	19.94 ± 1.97	21.26 ± 2.36	22.54 ± 1.93
增重率/g Growth rate of BW		20.51	57.39	63.47	54.10	64.19	37.28	11.97	5.01	3.27	6.59	6.93
群体重量/g ΣW of population	91.26	111.06	174.18	284.50	438.70	721.45	987.07	1104.04	1159.82	1196.15	1274.64	1352.08
群体平均体长/mm Average BL of population	37.57 ± 2.43	46.79 ± 4.76	59.50 ± 3.14	79.57 ± 3.60	100.48 ± 3.85	134.91 ± 12.42	163.13 ± 12.78	177.82 ± 11.17	184.45 ± 10.63	187.44 ± 9.78	189.29 ± 9.88	190.86 ± 9.12
体长平均增长速度/(mm·d ⁻¹) Average GR of BL		0.28	0.45	0.62	0.72	0.98	1.08	0.49	0.18	0.09	0.06	0.07
体长平均增长率/% Average GR of BL		21.86	23.92	28.86	23.23	29.25	18.94	8.62	3.66	1.61	0.98	0.83
群体平均体重/g Average BW of population	1.53 ± 0.43	1.85 ± 0.47	2.90 ± 0.87	4.74 ± 1.06	7.30 ± 0.92	11.99 ± 1.81	16.45 ± 1.83	18.39 ± 2.36	19.31 ± 1.84	19.94 ± 1.97	21.26 ± 2.36	22.54 ± 1.93
体重平均增重速度/(g·d ⁻¹) Average GR of BW		0.03	0.04	0.06	0.08	0.14	0.16	0.07	0.02	0.01	0.03	0.04
体重平均增重率/% Average GR of BW		18.93	44.21	48.17	42.52	48.63	31.36	11.14	4.88	3.21	5.85	6.41
群体平均总重量/g Average ΣW of population	30.42 ± 1.31	37.00 ± 1.57	58.06 ± 1.05	94.83 ± 2.02	146.23 ± 3.89	240.48 ± 17.07	329.02 ± 11.11	368.01 ± 9.50	386.61 ± 10.46	398.72 ± 9.64	424.88 ± 9.58	450.69 ± 13.04

2.2 大海马个体生长

2.2.1 大海马个体体长增长 实验开始时,大海马个体的体长比较一致,30.1~40.0 mm 的占 90%,40.1~50.0 mm 的仅占 10%。在 5~9 月,个体体长增长比较均匀一致,而从 11 月以后个体体长多数集中在 150.1~200.0 mm 之间(表 2)。

表 2 大海马在各月体长增长频数分布
Table 2 Frequency distribution of body length growth of *H. kuda* in different months %

体长分组/mm BL group	时间/月 Month											
	1994						1995					
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
30.1~40.0	90	15										
40.1~50.0	10	70										
50.1~60.0		15	60									
60.1~70.0			40									
70.1~80.0				55								
80.1~90.0				45								
90.1~100.0					40							
100.1~110.0					60							
110.1~120.0						10						
120.1~130.0						25						
130.1~140.0						30	5					
140.1~150.0						20	15					
150.1~160.0						15	10	15				
160.1~170.0						35	10	20	5	5		
170.1~180.0						35	20	10	20	15	15	
180.1~190.0						45	30	10	15	10		
190.1~200.0						10	40	65	65	75		

2.2.2 大海马个体体重增长 实验开始时大海马体重集中在 0.51~2.50 g(表 3),在 5~9 月间,大海马个体增重的幅度差异不大($F < F_{0.05}$, $P > 0.05$),而在此后,个体的增重差异幅度明显增大($F > F_{0.01}$, $P < 0.01$)。

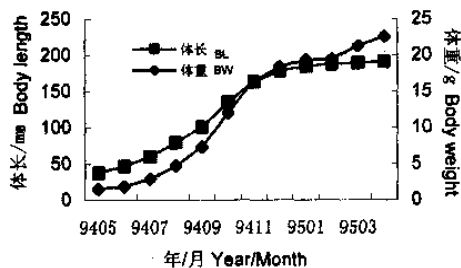


图 1 大海马体长与体重增长的关系

Fig. 1 Relationship between body length growth and body weight growth of *H. kuda*

表 3 大海马在各月体重增重频数分布

Table 3 Frequency distribution of body weight growth of *H. kuda* in different months %

kuda in different months													%			
体重分组/g BW group	时间/月 Month															
	1994												1995			
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4				
0.51~1.50	50															
1.51~2.50	50	45														
2.51~3.50		55														
3.51~4.50			35													
4.51~5.50			65	40												
5.51~6.50				60												
6.51~7.50					30											
7.51~8.50					70											
8.51~9.50						10										
9.51~10.50						10										
10.51~11.50						5										
11.51~12.50						5	10									
12.51~13.50						20										
13.51~14.50						40	5	5								
14.51~15.50						10	5	5								
15.51~16.50							20	10	5							
16.51~17.50							30	5	15	10	5					
17.51~18.50							25	15	5	5	5	5				
18.51~19.50							5	25	15	15	15	5				
19.51~20.50								30	45	15		10				
20.51~21.50								5	10	30	20	5				
21.51~22.50									5	15	20	5				
22.51~23.50										10	15	20				
23.51~24.50											20	50				

2.3 大海马的体长与体重生长关系

大海马体长与体重增长率和生长速度在每个月中都有明显增加,但是在不同月份则有所不同(表 1)。从试验开始的第 1 个月(5 月)至第 7 个月(11 月)大海马体长与体重的增长趋势相一致(图 1)。而从第 8 个月(12 月)开始,体重增重速度超过体长增长速度。大海马体长呈逻辑斯蒂曲线增长(图 1),符合关系式: $L = 192.346 0 / (1 + e^{2.496 4 - 0.605 1 M})$ 。体长在接近 K 值(192.346 0)之后,体长已不再增长或增长相当缓慢,而体重还保持一定的增重速度,即体重增重要比体长增长多保持 2~3 个月。

大海马的体长与体重增长,在同一快速生长期几乎处于同步,即体重随着体长的增长而增重(图 1),并可用下式表示:

$$W = 3.169 9 \times 10^{-3} L^{1.676 7},$$

$$\text{相关系数 } r = 0.998 7, r_{0.01} = 0.708 0, r > r_{0.01}$$

2.2 大海马生长速度与摄食量和环境因子关系

在人工养殖条件下,环境因子如盐度、pH、溶解

氧在不同月份里变化较小,随着月平均水温的变化,大海马的平均摄食量和饵料系数则发生变化。在水温 25~29℃ 时,大海马摄食量较旺盛,生长快速,饵料利用率较高,饵料系数在 0.94~0.99 之间(表 4),而在水温 16~20℃ 范围内,其摄食量降低,饵料系数则增大,即在 1.02~1.68 之间。大海马的体长、体重生长速度和饵料系数与环境因子方差分析,经

AVONA 检验和多重比较(SSR 检验)表明,在人工养殖条件下,生长速度与温度相关性显著($F > F_{0.01}$, $P < 0.01$),而与盐度、pH 和溶解氧的相关性不显著($F < F_{0.05}$, $P > 0.05$),而在大海马适温生长范围内,饵料系数则随着养殖水体温度的升高而降低($F > F_{0.01}$, $P < 0.01$)。

表 4 大海马生长速度与摄食量和环境因子的关系

Table 4 Relationship between growth rate of *H. kuda*, food ingestion and environmental factors

项目 Item	时间/月 Month											
	1994						1995					
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
平均摄食量/g Food ingestion	6.54	19.89	34.53	49.85	90.12	90.12	53.51	18.65	20.36	32.13	33.55	
体长增长速度/(mm·d ⁻¹) BL growth rate		0.28	0.45	0.62	0.72	0.98	1.08	0.49	0.18	0.09	0.06	0.07
体重增长速度/(g·d ⁻¹) BW growth rate		0.03	0.04	0.06	0.08	0.14	0.16	0.07	0.02	0.01	0.03	0.04
饵料系数 Coefficient of food		0.99	0.94	0.94	0.97	0.96	1.02	1.37	1.63	1.68	1.23	1.30
水温/℃ Water temp.	25.61	27.32	28.39	28.55	28.63	26.13	23.26	19.32	16.21	16.35	18.96	20.31
盐度 Salinity	23.3	22.0	22.0	21.0	23.3	24.6	25.0	25.9	25.9	25.0	24.6	24.0
pH	7.58	7.71	7.56	7.66	7.91	8.01	8.11	8.16	8.17	7.93	7.86	7.66
溶解氧/(mg·ml ⁻¹) DO	4.73	4.50	4.36	4.43	4.50	4.73	4.75	4.76	5.10	5.23	4.86	4.66

2.3 大海马生长速度与饵料系数关系

5~10 月大海马的平均摄食量逐渐增大,生长速度则随之加快,而饵料系数相对较低,这说明饵料利用率较高,从 11 月后,大海马摄食量逐渐减少,生长速度缓慢,但饵料系数却提高较快。大海马的平均饵料系数为 1.18,饵料转化率为 0.85,增肉单价为 0.021~0.025 元/g。因此,从养殖经济效益考虑,12 月以后是上市的适当时机。

3 讨论

大海马是热带、亚热带海域生长的小型鱼类,在自然海域中,生长速度较缓慢,一般要经 3~4 年才能达到商品上市规格。目前,海马仍绝大部分靠海域的自然捕捞而获得,造成天然海域海马资源的极度贫乏,因此,开展人工养殖是解决海马资源紧缺问题的有效措施。

大海马在人工养殖条件下,由于饵料充足,人工

细心管理,从种苗开始经 8~10 个月则可达到上市规格。体长达到 160~180 mm 左右,其体长生长速度明显缓慢。大海马在适温范围内,体长与体重的生长速度随着水温升高,摄食强度增大,生长速度加快,其体长与体重生长关系与吴鹤洲等^[11]研究带鱼的生长有相似之处,即体重随体长增长而增重。

大海马在生长过程中,幼海马靠捕食浮游动物逐渐过度到捕食糠虾,体长在 50~80 mm 是其转变捕食对象的时期,由于口管大小决定其捕食对象个体大小,在体长 100 mm 以下,捕食糠虾强度不大,靠捕食大型剑水蚤难以满足其生理活动需求,所以生长速度下降。实验结果表明,在 8~9 月大海马体长处于 70~100 mm 之间,其增长率降低,也可证明这一点。在人工养殖条件下,大海马在快速生长期(5~11 月),生长快速,而饵料系数相对较低,表明饵料利用较高,而从 11 月以后,饵料系数明显增大。从养殖的前 7 个月(11 月以前),大海马的体长与体

重增长趋势相一致,从第8个月(12月)开始,体重增长速度超过体长增长速度。在体长达到一定长度后,增长缓慢,而体重增重仍保持一定增长速度。结果说明体重增重比体长增长多保持2~3个月。此时,大海马已达上市规格,考虑经济效益,应该是理想收成季节。

由于大海马在人工精细管理养殖环境条件下保持良好的水质,24 h 调节充气量,保持盐度、溶解氧、pH 相对稳定,因此生长速度主要受季节性(水温)、摄食强度的影响。试验结果表明,大海马生长水温范围在16~30℃之间,最佳生长温度为24~28℃。这一结论与林华英、梁炳盛^[5,6]的研究较一致。

参考文献:

- [1] 郑葆珊,张有为.海马[J].生物学通报,1957,7:30-34.
- [2] 黎明.广东省海马人工养殖调查[J].中药材科技,1984,2:13-16.
- [3] 蔡难儿.三斑海马的生殖与胚胎发育[J].海洋科学集刊,1984,23:83-101.
- [4] 左镇生.日本海马卵巢发育规律的初步研究[J].水产科学,1985,4(3):18-21.
- [5] 林华英.环境因子对三斑海马生长的影响[J].水产科技情报,1982,4:21-23.
- [6] 梁炳盛.海马人工养殖的研究[J].青岛海洋大学学报,1992,22(4):39-43.
- [7] Linton J R, Soloff B L. The physiology of the brood pouch of the male seahorse, *Hippocampus erectus* [J]. Bull Mar Sci Gulf Caribbean, 1964, 14: 45-61.
- [8] Zillioux E T, Wilson D F. Culture of a planktonic copepod through multiple generation[J]. Science, 1966, 151: 996-998.
- [9] Kirk Strawn. Life history of the pigmy seahorse, *Hippocampus zosterae* Jordan & Gilbert, at Cedar Key [J]. Florida: Copera, 1958, (1): 16-22.
- [10] 吕军仪,吴金英.杂色鲍在高密度养殖条件下的生长速率[J].中国水产科学,1999,6(2):61-65.
- [11] 吴鹤洲,成贵书.带鱼生长的研究[J].海洋与湖沼,1985,16(2):156-168.

Growth rate of *Hippocampus kuda* under intensive culture

LU Jun-yi¹, WU Jin-ying¹, YANG Da-wei¹, ZENG Hua¹, LI Bing-ji², HUANG Kun², CHEN Lin²

(1. College of Life Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China;

2. The Base for Seahorse Culture of Richvast, Lufeng 516500, China)

Abstract: The larval seahorses, *Hippocampus kuda* Bleeker, body length (L) 30.1~50.0 mm and body weight (W) 0.51~2.50 g, were cultured from May 1994 to April 1995 under intensive conditions. During the first month of the test, the seahorses were fed zooplankton and in the following months (M) were fed mysis completely. The results showed that the monthly body weight growth rate averaged 15.87% and the specific body weight growth rate averaged 27.70%; the individual body weight increased 13.8 times; the monthly body length growth rate averaged 12.20% and the specific body length growth rate averaged 15.92%. The growth peaks of both body length and body weight emerged between May and November. The body length growth of seahorse may increase in logistic curve expressed as: $L = 192.346 / (1 + e^{2.4964 - 0.6051M})$. There also existed some relationships between the growth rates of body length and body weight and among the growth rate, food ingestion and environmental factors. Under given environmental conditions, the mean food conversion efficiency of *H. kuda* was 1.18 and the food conversion rate was 0.85. The relationship formula between body weight and body length was $W = 3.1699 \times 10^{-3} L^{1.6767}$. The suitable water temperature for *H. kuda* ranges from 16 to 30℃, and the optimum range is 24~28℃.

Key words: *Hippocampus kuda*; growth rate; food; environmental factor