

光周期对罗氏沼虾幼体生长 及能量收支的影响*

林小涛 杞桑 曹双俊 黄长江

(暨南大学水生生物研究所 广州 510632)

提要 于1995年2—5月,在L:D为4:20,8:16,12:12和24:0四种光周期条件下,用卤虫无节幼体作饵料培养罗氏沼虾幼体,测定其生长和能量收支。结果表明,随着光照时间(T)的延长,幼体生长率(g)增大,两者关系为: $g = 6.5245 + 3.6045 \ln T$,但光周期对幼体C、N含量和C:N值没有显著的影响;与最短的光照条件相比,长光照条件下摄食能分配于生长的比例增加9.5%,损失于排粪排泄的比例减少7.7%。实验证明,长光照特别是连续光照能提高幼体的生长率和能量效率,可为幼体大量培育时提高生产效益的有效措施。

关键词 罗氏沼虾幼体 生长 能量收支 光周期

学科分类号 S966.12

关于虾类幼体能量收支的研究,国外已有报道(Reeve, 1969; Longan *et al*, 1978; Stephenson *et al*, 1980; Kurmaly *et al*, 1989; Saotome *et al*, 1990)。但这些研究都以探讨同一环境条件下幼体能量收支的模式为目的。作者曾以不同光周期条件来培养罗氏沼虾幼体,发现光周期对幼体的摄食、发育、体长增长、存活率等有显著的影响(林小涛等, 1996; 林小涛, 1997)。本文进一步报道光周期影响幼体生长及能量收支的结果,以期育苗工艺的改进提供科学的依据。

1 材料和方法

1.1 幼体的培养

实验于1995年2月—5月进行。罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)幼体来源于实验室饲养的同一尾亲虾,用盛有10L培育水的圆形玻璃缸(直径22cm)培养。每缸投入第1期蚤状幼体(Z_1)800尾,每天投喂刚孵化的卤虫(天津产)无节幼体1—2次,使缸内饵料密度保持在5ind/ml左右,直至幼体发育变态为仔虾(P_1)为止。培养期间每天换水30%,持续充气。水温控制在 $28 \pm 1^\circ\text{C}$,盐度为15,照度为1500lx。

1.2 实验光周期

光周期L:D分为4:20,8:16,12:12和24:0四个实验组,每组各用3个培养缸,实验均在

*国务院侨办重点学科科研基金资助项目,93-93-18号。林小涛,男,出生于1957年12月,博士,教授, Fax: 0086-020-85220219

收稿日期:1996-04-08, 收修改稿日期:1997-7-15

暗室中进行,每天中午 12 时开灯,按实验设计在不同时间熄灯(24:0组不熄灯)。

1.3 能量收支各组分的测定

1.3.1 摄食量及摄食能 根据不同光周期条件下幼体的日摄食量、总摄食量的数据(林小涛,1997),按 Salonen 等(1976)的公式($y = 19.73 + 0.42x$,式中 y 为碳量-能量转换值, x 为碳含量),把摄食的碳量换算成摄食能(以下同)。

1.3.2 生长量及生长能 幼体每次蜕皮发育成次期蚤状幼体的当天,在投饵前,从各培养缸分别取出同步发育的幼体 5—50 尾,置于一小片尼龙筛绢上,用少许蒸馏水快速淋洗后,吸于体表水分,置于 60℃ 烘箱中干燥 24h,然后贮于干燥器内待分析。干重用 Perking-Elementer 天平测定,化学元素(C、N)含量用 Perking-Elementer 240 自动元素分析仪分析。幼体的生长量以干重的增重量计,生长能则把增重的碳量换算成能量表示。

1.3.3 耗氧率及代谢耗能 幼体的耗氧率用 Water bottle 方法(Omori *et al*,1984)测定。每次测定用 100ml 的 BOD 瓶 4 个,其中 3 个作代谢瓶,每瓶视幼体的发育期投入幼体 5—80 尾,另一个作对照瓶。密封瓶口 4h 后,用温克勒法测定各瓶溶氧量,计算耗氧率,并按 Brody(1945)的耗氧量-能量转换值 20.19J / ml 换算出代谢耗能。

1.3.4 蜕皮耗能 当 12:12 组幼体发育为 Z_4 — Z_6 时,于熄灯前,将 10—50 尾幼体分别移入盛满 50ml 过滤水的烧杯中单只培养,次日将幼体蜕下的外壳收集于已知重量的玻璃纤维滤膜(预先在 500℃ 马福炉中焚烧 4h,在干燥器内冷却后称重)上,用少许蒸馏水淋洗后,按前述方法称干重(DW),然后按 8.73J / mg DW 的转换值(Longan *et al*, 1978)把外壳重量换算成蜕皮耗能。

1.3.5 排粪耗能和排泄耗能的估算 虾蟹类幼体的排泄耗能占能量支出的比例很小,一般都与排粪耗能合计为排粪排泄能,并根据能量收支平衡的原理按排粪排泄能 = 摄食能 - 生长能 - 代谢耗能 - 蜕皮耗能来计算(Dawirs, 1983; Kurmaly *et al*, 1989)。

1.3.6 能量收支实验公式 罗氏沼虾幼体能量收支式可表示为: $F = G + R + Ev + E$, 式中, F 为摄食能; G 为生长能; R 为代谢耗能; Ev 为蜕皮耗能; E 为排粪排泄能。

各组试验结果的差异用方差分析的方法进行 F 检验和多重比较。

2 结果

2.1 幼体的生长

2.1.1 幼体的体重(干重,以下同)和能值 由于各光周期条件下幼体平均蜕皮次数(发育期数)不同,所以各组测定体重的次数略有差异。表 1 示各组各发育期幼体的干体重(平均值 ± 标准差)及能值。比较各组同一期幼体的体重可知,除 Z_1 , Z_2 外,体重有随光照时间的延长而增大的趋势,而且随着幼体的发育,这种增大的趋势越来越明显。例如:在 Z_4 阶段,8:16, 12:12 和 24:0 三组幼体的体重分别为 4:20 组的 1.2, 1.3 和 1.4 倍;到了 Z_6 阶段,差异则分别增大到 1.9, 2.9 和 3.2 倍。鉴于这种差异的存在,以下式求出由 $Z_1 \rightarrow P_1$ 的特定生长率:

$$g = \frac{\ln P_1 DW - \ln Z_1 DW}{t} \times 100\%$$

式中, g 为特定生长率; $P_1 DW$ 和 $Z_1 DW$ 分别为 P_1 和 Z_1 的干体重; t 为 $Z_1 \rightarrow P_1$ 的培养天数。由上式算出 4:20, 8:16, 12:12 和 24:0 四组的 $Z_1 \rightarrow P_1$ 特定生长率(% / d)分别为 11.0 (± 0.1),

表1 不同光周期条件下罗氏沼虾幼体的干体重(DW, $\mu\text{g}/\text{ind}$)及能值(En, J/ind)

Tab.1 Body dry weight (DW, $\mu\text{g}/\text{ind}$) and energy content (En, J/ind) of *M. rosenbergii* larvae in different photoperiods

发育期	4:20			8:16			12:12			24:0		
	培养天数	DW	En	培养天数	DW	En	培养天数	DW	En	培养天数	DW	En
Z ₁	0	24.8±0.9	0.47	0	24.8±0.9	0.47	0	24.8±0.9	0.47	0	24.8±0.9	0.47
Z ₂	2	24.9±2.1	0.38	2	24.7±1.3	0.38	2	24.9±1.1	0.38	2	24.8±1.2	0.38
Z ₃	4	34.1±3.0	0.55	4	39.1±2.2	0.64	4	40.0±2.9	0.67	4	41.3±2.6	0.69
Z ₄	6	47.5±4.0	0.76	6	56.5±2.9	0.91	6	60.3±3.2	0.98	6	67.1±3.2	1.12
Z ₅	8	66.6±5.3	1.12	8	83.6±4.2	1.42	8	100.8±7.7	1.68	8	113.8±10.6	1.93
Z ₆	10	94.3±7.5	1.55	10	133.1±8.4	2.25	10	163.7±10.1	2.79	10	182.7±11.6	3.06
Z ₇	12	130.8±12.7	2.14	12	193.6±9.0	3.31	12	272.8±16.3	4.65	12	291.1±21.9	5.08
Z ₈	14	175.2±14.7	2.86	14	300.0±21.7	5.06	14	448.2±23.6	7.56	14	472.1±26.7	8.21
Z ₉	16	235.0±9.7	3.91	16	455.0±12.3	7.73	16	672.2±47.0	11.42	16	747.5±47.3	13.12
Z ₁₀	18	307.9±26.4	5.21	18	645.0±40.2	10.85	18	896.5±54.5	15.64	18	1046.5±53.6	18.25
Z ₁₁	20	418.7±41.6	7.18	21	939.3±49.1	16.60	21	1197.1±67.2	21.09	20	1223.1±92.3	21.83
Z ₁₂	22	597.1±58.9	10.38	24	1092.1±81.9	19.68						
Z ₁₃	25	730.2±60.6	12.53									
Z ₁₄	29	858.2±76.9	14.77									
P ₁	33	923.0±83.7	14.44	27	1178.2±99.8	19.08	24	1290.8±61.7	20.76	23	1315.9±72.4	21.24

14.3 (± 0.2), 16.5 (± 0.1) 和 17.3 (± 0.1)。随着光照时间 (T) 的延长, 生长率明显增大 ($P < 0.01$), g 与 T 呈显著的正相关: $g = 6.5245 + 3.6045 \ln T (n = 12, r = 0.9594, P < 0.001)$ 。

表2 罗氏沼虾幼体生长方程 $DW = ae^{bt}$ 的回归结果

Tab.2 Results of regression for growth equation $DW = ae^{bt}$ of *M. rosenbergii* larvae

L:D	a	b	n	r	P
4:20	22.63	0.1394	42	0.9913	<0.001
8:16	21.27	0.1790	36	0.9920	<0.001
12:12	19.73	0.2094	33	0.9925	<0.001
24:0	19.66	0.2184	33	0.9943	<0.001

含量和 C:N 值 (平均值 ± 标准差) 如表 3 所示。比较不同光周期条件下同一发育期的幼体的 C, N 含量及 C:N 值, 各组之间没有发现显著性的差异 ($P > 0.05$)。

2.2 幼体的耗氧率

鉴于幼体的耗氧率不受光照条件的影响而在摄食前后发生较大的变化¹⁾, 本研究以 12:12 组为代表, 测定各发育期幼体摄食前后的耗氧率。耗氧率 (r') 与体重 (DW) 的回归关系为:

摄食前 $\log r' = 0.6017 - 0.1692 \log DW (n = 10, r = -0.9903, P < 0.001)$

摄食后 $\log r' = 0.7111 - 0.1649 \log DW (n = 10, r = -0.9703, P < 0.001)$

测定结果表明 (图 1), 无论体重大小, 幼体在摄食后耗氧率都明显增大; 无论摄食前或摄食后, 幼体的耗氧率都随体重的增加而减少, 两者呈显著的负相关。

2.3 幼体外壳干重

幼体蜕下的外壳干重和蜕皮后幼体的干体重 (平均值 ± 标准差) 见表 4。外壳干重 (EDW) 约占体重 (DW) 的 2.3%—2.6%, 两者呈线性相关:

$EDW = -0.4252 + 0.0268DW$

($n = 15, r = 0.9990, P < 0.001$)。

2.4 能量收支

根据实验结果, 求出能量收支式 $F = G + R + EV + E$ 中各组分的能值。其中 R 的计算较特殊, 由于幼体在黑暗条件下不摄食 (林小涛等, 1993), 而摄食前后耗氧率又明显不同, 所以, 式中的 R 指

各组幼体的生长均可用方程式 $DW = ae^{bt}$ 来表示。表 2 中式中的 a, b 值。从表 2 也可看出, 反映生长快慢的指数 b 的数值同样随着光照时间的延长而增大。

2.1.2 C, N 含量 (% DW) 及 C:N 值 各组幼体的 C, N

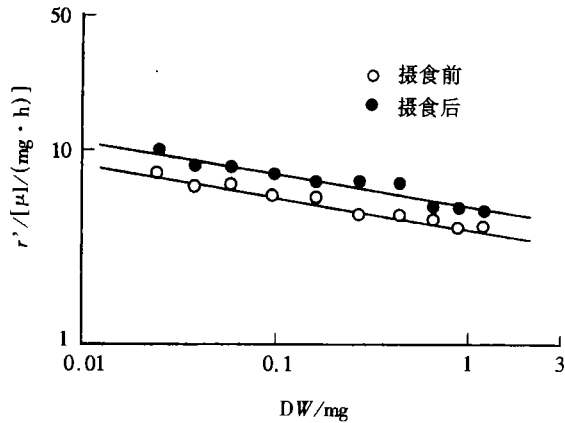


图 1 罗氏沼虾幼体的干体重 (DW) 与耗氧率 (r') 的关系

Fig.1 Relationship between body dry weight (DW) and respiration rate (r') of *M. rosenbergii* larvae before feeding (○) and after feeding (●)

1) 林小涛等, 1997. 摄食、体重和光照条件对罗氏沼虾幼体氧代谢的影响. 生态学杂志 (待刊)

表3 不同光周期条件下罗氏沼虾幼体的C、N含量(% DW)和C:N值

Tab.3 Carbon (C), nitrogen (N) contents (% of DW) and C:N ratio of *M. rosenbergii* larvae in different photoperiods

发育期	4:20			8:16			12:12			24:0		
	C	N	C:N	C	N	C:N	C	N	C:N	C	N	C:N
Z ₁	47.4±0.1	11.0±0.1	4.3	47.4±0.1	11.0±0.1	4.3	47.4±0.1	11.0±0.1	4.3	47.4±0.1	11.0±0.1	4.3
Z ₂	41.4±0.2	11.4±0.1	3.6	41.4±0.2	11.4±0.1	3.6	41.4±0.2	11.4±0.1	3.6	41.4±0.2	11.2±0.1	3.6
Z ₃	42.8±0.3	10.5±0.2	4.1	43.2±0.4	10.8±0.1	4.0	43.8±0.2	10.9±0.1	4.0	43.7±0.2	10.9±0.1	4.0
Z ₄	42.6±0.3	10.7±0.1	4.0	42.9±0.1	10.9±0.0	4.0	43.1±0.1	10.9±0.1	4.0	43.9±0.2	10.9±0.1	4.0
Z ₅	43.4±0.4	10.7±0.3	4.1	44.4±0.1	10.8±0.0	4.1	43.8±0.4	10.9±0.1	4.0	44.2±0.2	11.1±0.1	4.0
Z ₆	43.3±0.6	10.7±0.1	4.1	44.1±0.1	10.8±0.0	4.1	44.4±0.2	10.9±0.1	4.1	43.9±0.2	11.2±0.1	3.9
Z ₇	43.2±0.4	10.6±0.1	4.1	44.5±0.1	10.7±0.0	4.2	44.4±0.2	10.9±0.0	4.1	45.1±0.4	11.4±0.1	4.0
Z ₈	43.1±0.2	10.7±0.2	4.0	44.1±0.2	10.8±0.1	4.1	44.1±0.1	10.9±0.1	4.0	45.0±0.2	11.4±0.1	4.0
Z ₉	43.7±0.3	10.5±0.1	4.2	44.3±0.2	10.5±0.1	4.2	44.3±0.5	11.1±0.2	4.0	45.3±0.3	11.2±0.1	4.0
Z ₁₀	44.2±0.2	10.8±0.1	4.1	44.6±0.1	10.6±0.0	4.2	45.1±0.1	11.0±0.3	4.1	45.1±0.1	11.1±0.2	4.1
Z ₁₁	44.6±0.5	11.1±0.2	4.0	45.5±0.2	11.1±0.2	4.1	45.4±0.1	11.2±0.1	4.1	45.8±0.2	11.1±0.4	4.1
Z ₁₂	45.0±0.1	11.4±0.1	4.0	46.1±0.1	11.2±0.1	4.1						
Z ₁₃	44.6±0.3	11.2±0.0	4.0									
Z ₁₄	44.7±0.1	11.0±0.2	4.1									
P ₁	41.9±0.2	10.5±0.1	4.0	42.9±0.2	10.4±0.2	4.1	42.7±0.1	10.5±0.0	4.1	42.8±0.3	10.8±0.2	4.0

表4 蜕皮后的罗氏沼虾幼体干体重
和外壳干重

Tab.4 Dry weight of post-molt larvae
and exuvia of *M. rosenbergii*

幼体干体重 ($\mu\text{g}/\text{ind}$)	外壳干重 ($\mu\text{g}/\text{ind}$)
100.8 \pm 5.3	2.4 \pm 0.10
163.7 \pm 6.0	4.0 \pm 0.17
272.8 \pm 10.0	6.8 \pm 0.26
448.2 \pm 12.5	11.4 \pm 0.35
672.2 \pm 30.1	17.8 \pm 0.31

摄食期间(光照期)和不摄食期间(黑暗期)代谢耗能的总和,又因为在测定耗氧率时,幼体照常在测定瓶里游动,所以, R 实际上已包括了基础代谢、活动代谢和特殊动力作用(SDA)的耗能。各组整个幼体发育过程($Z_2 \rightarrow P_1$)的能量收支见表5。不同光周期条件下摄食能分配于能量收支各组分的比例,在8:16, 12:12和24:0三组之间无显著性差异($P > 0.05$),但4:20组在某些比例上与其他三组相比,有显著性的差异,其中摄食能分配于生长的比例显著下降($P < 0.01$),而摄食能损失于排粪排泄

的比例较高($P < 0.05$)。各组能量收支式为:

$$4:20\text{组} \quad 100F = 20.73G + 40.14R + 1.53Ev + 37.60E$$

$$8:16, 12:12, 24:0\text{三组平均} \quad 100F = 30.18G + 38.13R + 1.80Ev + 29.88E.$$

表5 不同光周期条件下罗氏沼虾 $Z_2 \rightarrow P_1$ 的能量总收支

Tab.5 Total energy budget of *M. rosenbergii* larvae growing from Z_2 to P_1 in different photoperiods

L:D	$F/J/\text{mg}$	$G/F/\%$	$R/F/\%$	$Ev/F/\%$	$E/F/\%$
4:20	67.86	20.73 \pm 0.73	40.14 \pm 2.93	2.18 \pm 0.19	36.95 \pm 3.84
8:16	62.59	29.90 \pm 1.93	41.41 \pm 2.10	2.63 \pm 0.18	26.06 \pm 4.21
12:12	67.62	30.16 \pm 0.72	36.60 \pm 1.69	2.47 \pm 0.13	30.75 \pm 2.48
24:0	68.36	30.49 \pm 0.96	36.37 \pm 1.91	2.61 \pm 0.17	30.54 \pm 3.01

3 讨论与结论

3.1 幼体的生长与光周期的关系

本研究结果表明,随着光照时间的延长,幼体的生长率明显增大。说明长光照条件可促进幼体的生长,这与林小涛等(1996)报道的长光照条件下幼体体长生长率增大的结果相一致。光周期虽然对罗氏沼虾幼体的生长有显著的影响,但与幼体的C、N含量及C:N值无关,这说明不同光周期条件下同一发育期的幼体体内积累的有机物质的总量虽然不同,但其积累的蛋白质及脂类等营养物质的比例是相对稳定的。由于不同光周期条件下幼体的日摄食量不同(林小涛,1997),所以研究结果也说明,在一定的范围内,摄食量的多寡不会影响幼体的C、N含量。Harms等(1991)用卤虫无节幼体和数种硅藻来投喂蜘蛛蟹科的*Hyas raneus*幼体,发现其干重及C、N含量随饵料种类不同而变化。这意味着与饵料的量相比,饵料的营养价值高低对甲壳类幼体的C、N含量的影响更大。

3.2 能量收支与光周期的关系

比较各光周期条件下幼体的总摄食能可看出,8:16, 12:12和24:0三组的摄食能随光照时间的延长而增大。4:20组虽然幼体的日摄食量最低,但由于蜕皮次数的增加和育成期间的延长,其总摄食量增大(林小涛,1997),因而其摄食能超过8:16组而达到12:12组的水平。在摄食能的分配方面,每天光照时间在8h以上时,幼体能量收支中各组分占摄食能的比例都无显著性的差异。但光照时间过短,则会引起摄食能分配于生长的比例即总生

长效率下降。因此,延长光照时间将有助于提高幼体的生长效率。

本研究中,4:20组的摄食能损失于排粪排泄的比例较高,说明短光照条件下幼体的同化效率下降。对此现象可作如下解释:4:20组的幼体虽然日摄食量最低,但由于幼体只有在有光照时才摄食,所以,一天的摄食量几乎是在光照期间的4h之内取得的。因此就其摄食速率(摄食量/h)来说,在四组中是最高的。由于幼体在短时间内快速地摄食,食物在消化道内滞留的时间过短。这样,食物可能未被完全消化吸收就被排出体外,从而增加了排粪能,引起同化效率的下降。某些浮游动物在实验室饲养时,如饵料密度过高,也会因过量摄食而出现同化效率下降的现象(Richman, 1958; Gaudy, 1974)。而在长光照条件下,罗氏沼虾幼体的摄食时间较长,摄食速率相对降低,有利于食物的消化和吸收,从而提高了幼体的同化效率。

在能量收支各项中,另一个重要的问题是延长光照时间对代谢耗能及其与摄食能的比例所产生的影响。罗氏沼虾幼体只在光亮条件下才摄食,而摄食后耗氧率又明显增大,所以随着光照时间的延长,日摄食能、日特殊动力作用耗能、日代谢耗能就必然相应提高。但由于长光照条件下幼体育成时间缩短,且幼体摄食能的增幅大于代谢耗能的增幅,所以, $Z_2 \rightarrow P_1$ 的总代谢耗能及其占总摄食能的比例却不因延长光照时间而增加。因此,从代谢耗能的角度来看,延长光照时间甚至是连续光照也不会对幼体能量分配产生消极的影响。

3.3 育苗生产上的光周期条件

本研究结果表明,光照时间越长,罗氏沼虾幼体生长越快,而且长光照条件能提高幼体的能量效率。此外,即使在连续照明的条件下,幼体的存活率也不会下降(林小涛等, 1996)。因此,在罗氏沼虾育苗生产上,延长光照时间不失为提高生产效益的一种简单而有效的措施。

参 考 文 献

- 林小涛 纪桑, 1996. 光周期条件对罗氏沼虾幼体存活率及体长生长率的影响. 暨南大学学报(自然科学版), 17(1): 69—73
- 林小涛, 1997. 不同光周期条件下罗氏沼虾幼体摄食量及发育的研究. 海洋与湖沼, 28(1): 1320
- 林小涛 石渡直典, 1993. オニテナガエビ幼生の饱食量に及ばぬ照度の影响. 水产増殖(日), 41(2): 185—187
- Brody, S., 1945. Bioenergetics and Growth. New York: Reingold. 1023
- Dawirs R R, 1983. Respiration, energy balance and development during growth and starvation of *Carcinus maenas* L larvae (Decapoda: Portunidae). J Exp Mar Ecol, 69: 105—128
- Gaudy R, 1974. Feeding four species of pelagic copepods under experimental conditions. Mar Biol, 25: 125—141
- Harms J, Anger K, Klaus S *et al*, 1991. Nutritional effects on ingestion rate, digestive enzyme activity, growth, and biochemical composition of *Hyas araneus* L (Decapoda: Majidae) larvae. J Exp Mar Ecol, 145: 233—265
- Kurmaly K, Yule A B, Jones D A, 1989. An energy budget for the larvae of *Penaeus monodon* (Fabricius). Aquaculture, 81: 13—25
- Longan D T, Epifanio C E, 1978. A laboratory energy balance for the larvae and juveniles of the American lobster *Homarus americanus*. Mar Biol, 47: 381—389
- Omorì M, Ikeda T, 1984. Methods in Marine Zooplankton Ecology. New York: John Wiley & Sons Inc.,

332

Reeve, M. R., 1969. Growth, metamorphosis and energy conversion in the larvae of the prawn, *Palaemon serratus*. J Mar Biol Ass U K, 49: 77—96

Richman S, 1958. The transformation of energy by *Daphnia pulex*. Ecol Monogr, 28: 273—291

Salonen K, Sarvala J, Hakala, I *et al*, 1976. The relation of energy and organic carbon in aquatic invertebrates. Limnol Oceanogr, 21(5): 724—730

Saotome, K, Ikeda T, 1990. Body composition and metabolism of the pink shrimp (*Pandalus borealis* Kryer) raised in the laboratory. Bull Japan Sea Natl Fish Res Inst, 40: 67—77

Stephenson M J, Knight A W, 1980. Growth respiration and caloric content of larvae of the prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Comp Biochem Physiol, 66A: 385—391

INFLUENCE OF PHOTOPERIODS ON GROWTH AND ENERGY BUDGET OF *MACROBRACHIUM ROSENBERGII* LARVAE

LIN Xiao-tao, QI Sang, CAO Shuang-jun, HUANG Chang-jiang

(Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou, 510632)

Abstract Experiments were carried out in the laboratory to examine the effects of photoperiods on the growth and energy budget of the larvae of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) from February to May, 1995. Four experimental groups were estimated under four L:D photoperiods: 4:20, 8:16, 12:12 and 24:0. For each group, the first zoeal larvae were reared in three glass containers, each containing 800 individuals in 10L of filtered seawater, and fed on *Artemia nauplii* at a density of 5 ind/ml until the larvae reached a postlarval stage. Water temperature was maintained at $28 \pm 1^\circ\text{C}$, salinity at 15, light intensity at 1 500 lx throughout the experimental period. The larval growth rate was calculated by increasing in body dry weight and rearing duration. Energy for growth (G) and energy intake (F) were calculated from the measured data on dry weight and carbon content of larvae and the amount of food consumed. Energy for metabolic costs (R) was calculated from the measured data on respiration rates. Energy of the exuvia (E_v) was calculated from the exuvia dry weight and the energy for rejection (E , egestion plus excretion) was calculated from the energy budget. Differences among experimental data in each group were compared by analysis of variance. The results are described below.

The specific growth rate (g) increased with increasing light period (T), with a relationship between those two parameters of $g = 6.5245 + 3.6045 \ln T$. Under all the four photoperiods, larval growth can be expressed by a formula $DW = ae^{bt}$, in which DW represents the body dry weight of the larvae, t the number of days for the larvae rearing, and the index b indicates the speed of growth. There were no significant differences in carbon and nitrogen contents of larvae reared for different photoperiods. No matter how the body weight of larvae, their respiration rate (r') always remarkably increased after feeding, but decreased with an increase in the body weight both before

and after feeding. The parameters of r' and DW showed a remarkable negative relationship i.e. $\log r' = 0.6017 - 0.1692 \log DW$ before feeding and $\log r' = 0.7111 - 0.1649 \log DW$ after feeding. The dry weight of exuvia (EDW) occupied about 2.3%—2.6% of larval body dry weight, with a regressive relationship of $EDW = -0.4252 + 0.0268DW$. The allocation of food energy showed no remarkable differences among the three groups of the larvae reared under L:D = 8:16, 12:12 and 24:0 photoperiods, but had an increase of 9.5% allocated to growth and a decrease of 7.7% lost to rejection in these groups if compared to those reared under the L:D = 4:20 photoperiod. The energy budget for total development of larvae were $100F = 20.73G + 40.14R + 1.53Ev + 37.60E$ for the L:D = 4:20 group and $100F = 30.18G + 38.13R + 1.80Ev + 29.88E$ for the average of the rest of the groups.

Results of the present study indicate that long period of daytime, especially under a continuous light exposure condition, may increase the growth rate, gross growth efficiency and assimilation efficiency of the larvae. Prolonging light exposure is considered to be an effective measure for increasing the production in the mass larval culture.

Key words *Macrobrachium rosenbergii* larvae Growth Energy budget Photoperiod

Subject classification number S966.12