

龙虾 *Panulirus* 叶状幼体饵料的研究*

A Study on the Food for the Phyllosoma Larvae of the Spiny Lobster, *Panulirus*

韦受庆
Wei Shouqing

赖彬
Lai Bin

杨小立
Yang Xiaoli

(广西海洋研究所 北海市南珠路 536000)
(Guangxi Institute of Oceanology,
Nanzhu Road, Beihai, Guangxi, 536000)

(湛江市郊区水产研究所 广东湛江 524003)
(Zhanjiang Suburb Fisheries Institute,
Zhanjiang, Guangdong, 524003)

摘要 先后采用扁藻 *Platymonas* sp.、骨条藻 *Skeletonema* sp.、金藻 *Dicrateria* sp.、丰年虫 *Artemiasalina* 幼体、藤壶 *Balanus* sp. 幼体、轮虫 *Brachionus* sp.、蓝藻粉 (*Spirulina*)、丰年虾片、金 B. P.、微粒子、黑粒子、贻贝 *Mytilus edulis* 卵巢, 组成 12 个组合饲养中国龙虾 *Panulirus stimpsoni*、密毛龙虾 *P. penicillatus*、黄斑龙虾 *P. polyphagus* 的叶状幼体。结果发现扁藻+金藻+丰年虫幼体+贻贝卵巢组合喂养效果好, 蓝藻粉+丰年虫幼体+贻贝卵巢组合和丰年虫幼体+贻贝卵巢组合喂养叶状幼体也可以, 但效果比前面组合差。

关键词 龙虾 *Panulirus* 叶状幼体 饵料

Abstract *Platymonas* sp., *Skeletonema* sp., *Dicrateria* sp., *Artemia salina* larvae, *Balanus* sp. larvae, *Brachionus* sp., blue algae powder (*Spirulina*), brine shrimp flake, golden artificial plankton B. P., micro particle, black particle, *Mytilus edulis* ovary were composed to 12 different groups to rear the phyllosoma larvae of *Panulirus stimpsoni*, *P. penicillatus* and *P. polyphagus*. The results indicated that the group of *Platymonas* sp., *Dicrateria* sp., *Artemia salina* larvae and *Mytilus edulis* ovary were favourite for the phyllosoma larvae of *Panulirus*. Both the group of blue algae powder, *Artemia salina* larvae and *Mytilus edulis* ovary and the group of *Artemia salina* larvae and *Mytilus edulis* ovary were also accepted by phyllosoma larvae, but poorer than previous group.

Key words lobsters *Panulirus*, phyllosoma, food

龙虾是最名贵的大型虾类, 体型雄壮, 肉味鲜美。经济价值越来越高, 目前的售价已为 80 年代初期的 200 多倍。

龙虾一生经过叶状幼体 phyllosoma、游龙虾幼体 puerulus、后游龙虾幼体 postpuerulus、稚龙虾 juvenile 和成虾 adult lobster 等变态过程, 经历浮游、游泳、底栖等生活方式。尽管人们早已能够把龙虾的游龙虾幼体、后游龙虾幼体、稚龙虾培育到商品龙虾, 直至成熟交配产卵^[1], 但由于龙虾有较长较复杂的叶状幼体期, 整个发育阶段的培育目前还很困难^[2,4]。Phillips 等指出龙虾叶状幼体有 9~11 个月的漂游生活^[5]。Dexter 把加里福尼亚龙虾 *Panulirus interruptus* 叶状幼体养到 114 d, 发育到第 6 期^[6]。Inoue 用 253 d 把日本龙虾 *Panulirus japonicus* 叶状幼体培育到第 11 期^[7,8,9]。Kittaka 等把日本龙虾叶状幼体培育到

340 d, 变态成游龙虾幼体, 再培育 15 d 又变态成稚龙虾, 完成了整个龙虾幼体阶段的培育, 但成活率只有 0.01%^[10]。Yamakawa 等用 320 d 把日本龙虾叶状幼体培育到稚龙虾, 也仅得到 1 尾稚龙虾^[11]。龙虾幼体死亡率最高的时期是叶状幼体期。迄今, 龙虾叶状幼体的培育仍然是世界性的难题之一。

本项目通过进行龙虾幼体各种生态因子的对比试验, 找出适宜龙虾幼体生长发育的生态环境因子, 为龙虾育苗业提供实践理论依据。在诸多生态因子中饵料是首要因子, 特别是早期叶状幼体的饵料——开口饵料更为重要。本文报道龙虾叶状幼体饵料筛选的结果。

1 材料和方法

试验在湛江市郊区水产研究所实验站进行。

中国龙虾 *Panulirus stimpsoni*、密毛龙虾 *P. penicillatus*、黄斑龙虾 *P. polyphagus* 的抱卵雌虾购自渔民。亲虾放养于水泥池, 每天投喂适量文蛤 *Meretrix*

1994-03-14 收稿。

* 国家自然科学基金资助项目。

meretrix 肉。孵化出的叶状幼体平均分放于各个试验池(缸)。

幼体试验池为7个1.8 m³的半球形底圆柱形水泥池。从东到西分别编号为第一至第七号池。

第一轮试验于1993年4月27日至5月10日进行。每池放养10 000尾刚孵出的密毛龙虾叶状幼体。第一号池投喂扁藻 *Platymonas* sp. 和轮虫 *Brachionus* sp.。第二号池投喂骨条藻 *Skeletonema* sp. 和丰年虫 *Artemia salina* 幼体。第三号池投喂骨条藻 *Skeletonema* sp. 和藤壶 *Balanus* sp. 幼体。第四号池投喂蓝藻粉 (*Spirulina*) 和丰年虾片。第五号池投喂蓝藻粉和金 B. P.。第六号池投喂蓝藻粉和丰年虫幼体。第七号池投喂丰年虫幼体。扁藻和骨条藻每池每次投500 mL 浓缩液。蓝藻粉每池每次投0.3 g。丰年虫幼体、藤壶幼体、轮虫投喂量为每毫升水3~4尾。1天投4次,分别在6 h、12 h、18 h、23 h投喂。

第二轮试验于5月18日至5月30日进行。分别投放10 000尾刚孵出的密毛龙虾叶状幼体到第一至第五号池。第一号池投喂扁藻和丰年虫幼体。第二号池投喂骨条藻和丰年虫幼体。第三号池投喂蓝藻粉、丰年虫幼体和微粒子 (micro particle)。第四号池投喂蓝藻粉和丰年虫幼体。第五号池投喂蓝藻粉、丰年虫幼体和黑粒子 (black particle)。微粒子和黑粒子每天投喂1次,每池1 g,和丰年虫幼体错开投喂。其他饵料投法同第一轮试验。

第三轮试验于8月22日至9月3日进行。试验容器为15个10 L玻璃缸。每缸最初盛5 L海水,以后每天加500 mL海水。满缸后每天换1/10水。每个缸放养50尾黄斑龙虾第一期叶状幼体。3个玻璃缸投喂丰年虫幼体、扁藻和金藻 *Dicrateria* sp.; 3个缸投喂丰年虫幼体和蓝藻粉; 3个缸投喂藤壶幼体和蓝藻粉; 3个缸投喂轮虫和蓝藻粉; 3个缸投喂丰年虫幼体和骨条藻。金藻、扁藻和骨条藻仅在第1天投1次,每缸投100 mL。其他饵料每天投4次,投喂量同第一轮试验。

试验在室温下进行,水温为26℃~32℃。

试验所用海水经沙滤后再经沙、活性炭过滤。海水比重1.021~1.023。水池采用长流水,每天换水量1/4~1/3。

观察和记录叶状幼体蜕壳时间。第一次蜕壳完毕后,计算各池幼体存活率。以后按较好饵料组合投喂。

叶状幼体进入第三期后,渗喂贻贝 *Mytilus edulis* 卵巢。把贻贝卵巢剁碎后,洗去脂肪,用滴管带水加入。投喂量由少到多。

2 结果

在第一轮试验中,投饵后1 h取叶状幼体在显微镜下检查,发现各池叶状幼体均有摄饵和排粪现象。说明所投的7组饵料均被密毛龙虾叶状幼体摄食。各池叶状幼体第1次蜕壳时间间隔和蜕壳后存活率如表1。

表1 第一轮密毛龙虾叶状幼体饵料试验结果

Table 1 Results of the first food-experiment of the phyllosoma of *Panulirus penicillatus*.

池号 No. of pool	饵料组合 food-group	蜕壳时间间隔 In. (d)	存活率 survival (%)
一 1st	扁藻、轮虫 P., Bs	11~12	0.5
二 2nd	骨条藻、丰年虫幼体 S., A.	11~12	0.5
三 3rd	骨条藻、藤壶幼体 S., Bl.	11~12	7
四 4th	蓝藻粉、丰年虾片 bp., bf.	12	0.02
五 5th	蓝藻粉、金 bp., B.P.		0
六 6th	蓝藻粉、丰年虫幼体 bp., A.	10~11	91
七 7th	丰年虫幼体 A.	11~12	80

P. = *Platymonas* sp., Bs. = *Brachionus* sp., S. = *Skeletonema* sp., A. = *Artemia salina* larvae, Bl = *Balanus* sp., bp. = blue algae powder, bf. = brine shrimp flake, B. P. = golden artificial plankton B. P., In. = intermolt period.

第一、二、三号池均投喂活藻类,两天内出现大批叶状幼体死亡,则停喂活藻类,单喂动物性饵料。此后,叶状幼体死亡现象得到抑制。蜕壳推迟1 d,存活率均在10%以下。

不投活动物饵料的第四、五号池叶状幼体在蜕壳期前生活都正常,在第六号池叶状幼体蜕壳后1 d,即第11 d,这两个池的叶状幼体则因不能蜕壳而几乎死完。

第七号池叶状幼体单喂丰年虫幼体,蜕壳比第六号池推迟1 d,存活率为80%。

第六号池喂吃丰年虫幼体和蓝藻粉,叶状幼体食得饱、上浮力强,第10~11天蜕壳完毕,存活率为91%。

第一轮试验表明丰年虫幼体和蓝藻粉可作密毛龙虾叶状幼体饵料。

第二轮试验目的是检查活藻类作用和探索另两种合成饵料的作用。饲养对象仍是密毛龙虾叶状幼体。试验结果表明扁藻和骨条藻对龙虾叶状幼体生长发育还是没有起促进作用。第三、五号池加入微粒子和黑粒子后,第一期叶状幼体蜕壳时间和蜕壳后的存活率跟投喂丰年虫幼体和蓝藻粉组合差别不大(表2),说明这两种组合饵料可以加入到较好饵料中间歇使用。

表2 第二轮密毛龙虾叶状幼体饵料试验结果

Table 2 Results of the second food-experiment for the phyllosoma of *Panulirus penicillatus*

池号 No. of pool	饵料组合 food-group	蜕壳间隔天数 In. (d)	存活率 survival(%)
一 1st	丰年虫幼体、扁藻 A., P.	7~9	5
二 2nd	丰年虫幼体、骨条藻 A., S.	7~8	10
三 3rd	丰年虫幼体、蓝藻粉、微粒子 A., bp., m.	6~7	87
四 4th	丰年虫幼体、蓝藻粉 A., bp.	6~7	89
五 5th	丰年虫幼体、蓝藻粉、黑粒子 A., bp., bl.	6~7	88

A. = *Artemia salina* larvae, P. = *Platymonas* sp., S. = *Skeletonema* sp., bp. = blue algae power, m. = micro particle, bl. = black particle, In. = intermolt period

根据投喂活藻类不应该很快导致龙虾叶状幼体死亡^(10,11)的观点。我们改进投喂方法,进行第三轮试验,以检查活藻类和蓝藻粉的作用以及三种活动物饵料的作用。试验结果发现金藻+扁藻+丰年虫幼体组合饲喂叶状幼体效果显著比蓝藻粉+丰年虫幼体组合好。所饲养的龙虾叶状幼体蜕壳整齐,体表清洁透亮。存活率高1倍。轮虫、藤壶幼体作用跟丰年虫幼体差不多(表3)。

叶状幼体进入第3期后,我们混喂些贻贝卵巢。显微镜检查发现龙虾叶状幼体喜欢摄食。

在龙虾叶状幼体饵料试验过程中发现2尾密毛龙虾亲虾和1尾中国龙虾亲虾在池中几天不摄食,它们所孵出的叶状幼体均不摄食任何饵料。在显微镜下发现这些叶状幼体有稀粪排出。它们不立即死亡,有的能活几天,有的活到蜕壳期才死亡。

表3 黄斑龙虾叶状幼体饵料试验结果

Table 3 Results of the food-experiment of the phyllosoma of *Panulirus polyphagus*

缸号 No. of vat	饵料组合 food-group	存活数 survivor	平均存活率 survival (%)
一、六、十一 1st, 6th, 11th	丰年虫幼体、金藻扁藻 A., D., P.	10. 11. 9	20
二、七、十二 2nd, 7th, 12th	丰年虫幼体、蓝藻粉 A., bp.	5. 5. 5	10
三、八、十三 3rd, 8th, 13th	藤壶幼体、兰藻粉 Bl., bp.	5. 6. 4	10
四、九、十四 4th, 9th, 14th	轮虫、蓝藻粉 Bs., bp.	5. 5. 4	9.3
五、十、十五 5th, 10th, 15th	丰年虫幼体、骨条藻 A., S.	0. 0. 0	0

* 每缸放养50尾叶状幼体 50 phyllosoma in each container.

A. = *Artemia salina* larvae, D. = *Dicrateria* sp., P. = *Platymonas* sp., bp. = blue algae power, Bl. = *Balanus* sp., Bs. = *Brachionus* sp. S. = *Skeletonema* sp.

3 讨论

Dexter 在利用丰年虫幼体、贻贝性腺、*Lytechinus* 卵、颤蚓 *Tubifex*、节水母、毛颚类、鱼秧等饲养加里福尼亚龙虾叶状幼体时,认为 *Tubifex*、*Lytechinus*、贻贝性腺喂养龙虾叶状幼体没有效果;节水母、毛颚类、鱼秧是叶状幼体的优良饵料,但难于找到足够量来维持漫长的叶状幼体期;丰年虫营养好,来源易,是叶状幼体的适宜饵料⁽⁶⁾。Inoue 等利用丰年虫幼体、成体、箭虫 *Sagitta* sp.、鱼秧饲养日本龙虾叶状幼体,认为不同期的叶状幼体喜欢吃不同大小的丰年虫幼体^(7~9)。Kittaka 等利用丰年虫幼体、贻贝卵巢、小球藻 *Chlorella* 把刚孵出的日本龙虾叶状幼体养到稚龙虾⁽¹⁰⁾。Yamakawa 利用丰年虫幼体、贻贝卵巢和褐指藻 *Plaeodactylum* sp. 把日本龙虾幼体喂养到稚龙虾⁽¹¹⁾。本试验采用12种饵料,组成12组合饲养3种龙虾叶状幼体。结果表明金藻+扁藻+丰年虫幼体+贻贝卵巢组合饲养龙虾叶状幼体较好。藤壶幼体和轮虫也适合饲养龙虾叶状幼体,但来源不易。

Kittake 等指出小球藻密度会影响水中 pH 值变化⁽¹⁰⁾。Yamakawa 等认为投放褐指藻是为了养活丰年虫幼体⁽¹¹⁾。我们在水池试验中投放扁藻、骨条藻,发现叶状幼体大量死亡。这是因为投喂量过大,加上藻类在高温季节繁殖快,造成水体藻类过浓之故。因此在玻璃缸试验中我们控制金藻,扁藻密度以 5 cm 水

深处能见到叶状幼体为宜。使用活藻类和鲜活动物饵料来饲养龙虾叶状幼体效果较好,是因为在养殖水体中,龙虾叶状幼体吃丰年虫幼体、贻贝卵巢和少量单胞藻,丰年虫幼体靠藻类生存,藻类又利用龙虾叶状幼体和丰年虫幼体的粪便和残饵作肥料而生长繁殖。另外,藻类消耗海水中有有机质、净化水质,又有利于龙虾叶状幼体和丰年虫幼体生存。养殖水体形成生态平衡,有利于各种生物生长。

Lellis 利用丰年虫、两种纯化的甲壳类饵料 BML-81S, HFX CRD-84、一种半纯化的甲壳类饵料 HFX EXD-1 和一种对虾合成饵料饲养龙虾 *P. argus* 的游龙虾幼体,发现 BML-81S, HFX CRD-84, HFX EXD-1 对虾合成饵料不被游龙虾幼体接受,游龙虾幼体因营养不良死于蜕壳综合症,只有丰年虫是游龙虾幼体适合饵料^[3,4]。本试验采用 4 种动物性合成饵料,镜检发现这 4 种饵料都被龙虾叶状幼体摄食,但不被叶状幼体消化吸收,叶状幼体也死于蜕壳综合症。在鲜活饵料不足时加进少量动物性合成饵料,叶状幼体能正常生长发育。可见饲养龙虾幼体必须投喂鲜活动物性饵料,精制的合成饵料只能作补充饵料。

韦受庆认为亲虾好坏与其孵出的幼体生命力有密切联系^[2]。本试验进一步证明这个结论。抱卵亲虾不摄食,其孵化出来的叶状幼体也不摄食,幼体最后死于蜕壳综合症。

参考文献

- 1 Chittleborough R G. Western rock lobster reared to maturity. Aust J Mar Freshw Res. 1974, 25 (2): 221~225.
- 2 Chittleborough R G, Thomas L R. Larval ecology of the western Australian marine crayfish, with notes upon other Panulirid larvae from the eastern Indian Ocean. Aust J Mar Freshw Res.

- 1969, 20 (2): 199~223.
- 3 Lellis W A, Russell J A. Effect of temperature on survival, growth and feed intake of postlarval spiny lobster, *Panulirus argus*. Aquaculture. 1990, 90 (1): 1~9.
- 4 Lellis W A, A standard reference diet for Crustacean nutrition research VI. Response of postlarval stages of the Caribbean king crab *Mithrax spinosissimus* and the spiny lobster *Panulirus argus*. J World Aquacult Soc. 1992, 23 (1): 1~7.
- 5 Phillips B F, et al. Distribution and dispersal of the phyllosoma larvae of the western rock lobster, *Panulirus cygnus*, in the South-eastern Indian Ocean. Aust J Mar Freshw Res. 1979, 30 (6): 773~783.
- 6 Dexter D M. Molting and growth in laboratory reared phyllosomes of the California spiny lobster, *Panulirus interruptus*. Calif Fish Game. 1972, 58 (2): 107~115.
- 7 Inoue M, Nonaka M. Notes on the cultured larvae of the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus* (V. Siebold). Bull Jap Soc Sci Fish. 1963, 29 (3): 211~218.
- 8 Inoue M. On the relation of amount of food taken to the density and size of food and water temperature in rearing the phyllosoma of the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus* (V. Siebold). Bull Jap Soc Sci Fish. 1965, 31 (11): 902~906.
- 9 Inoue M. Studies on the cultured phyllosoma larvae of the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus* -I. Morphology of phyllosoma, Bull Jap Soc Sci Fish. 1978, 44 (5): 457~475.
- 10 Kittaka J, Kimura K. Culture of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* from egg to juvenile stage. Nippon Suisan Gakkaishi. 1989, 55 (6): 963~970.
- 11 Yamakawa T, et al. Complete larvae rearing of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus*. Nippon Suisan Gakkaishi. 1989, 55 (4): 575.
- 12 韦受庆. 中国龙虾 *Panulirus stimpsoni* (Holthuis) 的个体发生. 热带海洋. 1985, 4 (2): 80~90.

(责任编辑: 蒋汉明)

(上接第 23 Continue from page 23)

- 16 梁约翰, 卢伦书. 广西东部的泥盆纪地层地球化学特征. 见: 南岭地质矿产科研报告集. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1987.
- 17 穆恩之等. 广西钦州、玉林地区仍志留系及泥盆系. 地层学杂志, 1988, 12 (4).
- 18 侯鸿飞, 王士涛等. 中国的泥盆系. 北京: 地质出版社, 1988.

- 19 张守信. 理论地层学、现代地层学概念. 北京: 科学出版社, 1989.
- 20 翟佑华, 钟铿, 潘其云. 广西通志: 地质矿产志. 南宁: 广西人民出版社, 1992.
- 21 Wang Chengyuan, Wang Zieqier. Devonian Conodont Biostratigraphy of Guangxi, South China and the Correlation with Europe. Geologica et Palaeontologica, 1983.
(原稿参考文献 22~26 本刊编辑部略)

(责任编辑: 蒋汉明)