

中国龙虾生长特点及促生长途径的探讨

陈政强,陈昌生,黄永春,黄志灵

(集美大学 水产学院,福建 厦门 361021)

摘要: 蜕壳后新甲壳完全硬化之前是中国龙虾 (*Panulirus stimpsoni*) 个体蜕壳生长过程的延续,对中国龙虾正常快速生长具有重要意义。环境因子、营养条件对中国龙虾的蜕壳与生长具有显著影响。24~27 是中国龙虾蜕壳生长的适温范围;盐度 24~32 适宜中国龙虾生长,最适生长盐度是 28;在 6 种试验饵料中翡翠贻贝饲养中国龙虾效果最好,其次是杂虾、杂蟹、牡蛎,投喂杂鱼的中国龙虾蜕壳增长率和阶段生长率都很低;龙虾饲料中添加蜕壳素能够缩短蜕壳周期,实现蜕壳率和蜕壳增长率的同步增长。摘除眼柄也能促进中国龙虾的蜕壳与生长,电刺激等外源刺激则只能促进蜕壳,而不能加速中国龙虾的生长,甚至可能产生负面影响。中国龙虾生长存在种内性别间的差异,同等条件下雄性个体的蜕壳增长率高于雌性个体。

关键词: 中国龙虾 (*Panulirus stimpsoni*); 蜕壳; 生长; 生态因子; 饵料

中图分类号: S96

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2006)12-0025-07

龙虾 (the spiny lobster, *Panulirus* spp.) 素有“虾王”的美誉,既是上好的海鲜营养美食,又具有滋阴、养颜的滋补功效,食之大有裨益,是人们追求的美容健康食品;龙虾体壮、色艳,形像神话里的龙,食用龙虾富有传奇色彩,喜庆佳节龙虾尤受消费者青睐。龙虾市场需求强劲^[1-3],价格一路上扬,国内活龙虾价格高达 210~360 元/kg。据报道,我国从 20 世纪 90 年代起开始大量消费海产龙虾,1998 年仅上海、北京、广州等城市的进口活龙虾总量就不少于 1.5 万 t,这几乎是当年全世界活龙虾总产量的 70%。目前国产龙虾货源稀少,国内市场上的龙虾几乎全部是从澳大利亚、新西兰、美国等国外市场进口,种类有天鹅龙虾 (澳龙)、锦绣龙虾 (花龙)、波纹龙虾 (青龙) 等,我国已成为首屈一指的活龙虾进口和消费大国。

龙虾是继对虾之后又一具有潜在开发价值的虾类资源。我国沿海有中国龙虾、波纹龙虾、锦绣龙虾、密毛龙虾、日本龙虾、杂色龙虾、长足龙虾、黄斑龙虾等多个龙虾种类栖息,均具有开发价值,不过,国内龙虾人工养殖并未发展起来。龙虾具有食性杂,生命力强,人工养殖容易成活,但是,相比生长周期短的对虾类而言龙虾生长速度并不快,养殖生产周期较长,这成为限制龙虾养殖业发展的一大因素^[4,5]。了解龙虾的生长特点、探讨加速龙虾生长的途径与方法就

成了人们的迫切愿望和现实需要。中国龙虾 (*Panulirus stimpsoni*) 是我国海区特有的地方种^[3-6],在国内养殖中国龙虾具有环境条件和物种资源方面的优势,开发潜力看好。关于中国龙虾的养殖性状和相关的养殖生物学研究虽然已有报道^[7-11],但是,这不足以使人们了解中国龙虾的生长特点。作者以中国龙虾为研究对象,研究中国龙虾的生长特点,并由此探讨促进中国龙虾生长的途径,目的是为解决龙虾养殖业的发展瓶颈问题提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 不同温度下中国龙虾的生长情况

取健康无病、活力良好的中国龙虾作为试验龙虾,体质量为 184 g ± 87 g,体长为 18.05 cm ± 2.95 cm,试验前经 15 d 暂养。

按照温度 15, 18, 21, 24, 27, 30 设置 6 个试验组,

收稿日期:2006-04-30;修回日期:2006-09-22

基金项目:福建省重点科技项目(97-Z9);国家海洋局科技项目;集美大学基金项目

作者简介:陈政强(1967-),男,副教授,从事水产养殖研究,电话:0592-6181420, E-mail: zqchen999@jmu.edu.cn

各 2 个平行试验单元。每个试验单元为 120 cm × 60 cm × 60 cm 的玻璃钢水槽,其内设置直径为 10 cm,长度为 25 cm 的圆筒状陶管作为龙虾的栖息掩体,蓄养试验龙虾 10 尾,不间断充气。试验过程中每日傍晚投喂活体小泥螺一次,投喂量略大于中国龙虾的日摄食量,翌晨吸去残剩饵料并换水 30% ~ 50%;试验用水为近岸海水,使用前经砂滤处理,盐度为 20 ~ 26, pH 8.10 ± 0.1,试验过程中水温控制误差小于 0.5。

试验进行 30 d 后,测定龙虾的蜕壳率、体长和体质量增长率等。

1.2 不同盐度下中国龙虾的生长情况

试验龙虾健康、活泼,体质量为 131 g ± 49 g,体长为 16.6 cm ± 2.6 cm,试验前暂养 15 d。

按照盐度 20, 24, 28, 32, 36 设置 5 个试验组,各 2 个平行试验单元,分别为 105 cm × 150 cm × 80 cm 的水泥池,内设直径为 21 cm,长度为 51 cm 的陶管作为掩体,放养试验龙虾 10 尾。饲养管理大致同上述“温度试验”,饲养饵料为杂虾、杂鱼及贻贝干品等;各盐度由砂滤海水加盐或自来水调兑而成,盐度控制误差小于 0.5;不间断通气饲养 90 d,饲养水体温度为 18 ~ 22。

1.3 投喂不同饵料的龙虾生长情况

试验龙虾健康、活泼,体质量为 101.5 g ± 47.5 g,体长为 14.6 cm ± 2.7 cm,试验前暂养 15 d。

设置 6 个试验组,各 2 个平行试验单元,分别为 105 cm × 150 cm × 80 cm 的水泥池,池内设直径为 21 cm,长度为 51 cm 的陶管作为掩体,放养试验龙虾 10 尾。各组以杂鱼、杂虾、杂蟹、贻贝、牡蛎和配合饲料进行饲养。养殖管理方法与“温度试验”大致相同。不间断通气饲养 104 d,分别测定各试验组龙虾的蜕壳率、体长和体质量增长率等。龙虾养殖水体盐度为 26.5 ~ 28.5, pH 为 7.85 ~ 8.12,水温为 17.0 ~ 22.0。

1.4 不同饲料添加剂对中国龙虾生长的影响

试验龙虾健康、活泼,体质量为 113 g ± 35.6 g,体长为 14.4 cm ± 3.1 cm,试验前经 15 d 暂养。

以自制配合饲料为基础饲料,分别添加自制复合虾蟹蜕壳素、市售虾蟹蜕壳素(维康牌,北京鑫洋公司生产)、自制虾蟹甲壳粉、喹乙醇等辅料,配制成 4

种试验饲料。以上述基础饲料为对照组,上述 4 种试验饲料为试验组,分别对中国龙虾进行 50 d 的饲养试验。各试验组设 2 个平行试验单元,分别为 70 cm × 60 cm × 50 cm 的塑料水槽,内设直径为 10 cm,长度为 25 cm 的圆筒状陶管作为栖息掩体,放养试验龙虾 6 尾。在通气状态下进行试验养殖,管理大体同上述“温度试验”。试验用水经砂滤处理,盐度为 37.2 ~ 38.5,水温为 22.5 ~ 26.8,溶解氧为 6.8 ~ 7.2 mg/L。分别测定各试验组龙虾的蜕壳率、体长和体质量增长率等。

1.5 摘除眼柄与电脉冲刺激对中国龙虾生长的影响

试验龙虾健康、活泼,体质量为 133 g ± 28.4 g,体长为 16.2 cm ± 2.3 cm,试验前经 15 d 暂养。

把 24 × 3 尾中国龙虾分成 3 个试验组,对第一组试验龙虾施行摘除单侧眼柄处理,第二组试验龙虾施行电脉冲刺激(每日 1 次,每次持续 2 min,脉冲电压为 12 V),第三组作为对照组,以此考察各试验组中国龙虾生长率的差异性。各试验组设置 2 个平行试验单元,以小杂鱼等为饵料,分别在 105 cm × 150 cm × 80 cm 的水泥池中持续饲养龙虾 60 d,不间断地通气,饲养管理大体与上述“温度试验”相同。试验用水为砂滤海水,温度为 20 ~ 27,盐度为 24 ~ 31, pH 为 8.10 ± 0.1。测定各试验单元内龙虾的蜕壳率、体长和体质量增长率等。

1.6 不同性别中国龙虾生长率差异性及其蜕壳后龙虾个体增长情况

试验龙虾健康、活泼,体质量为 151.5 g ± 47.5 g,体长为 15.8 cm ± 2.6 cm,试验前暂养 15 d。

在规格为 105 cm × 150 cm × 80 cm 的水泥池中放养试验龙虾 50 尾,雌性个体数占 35%,雄性个体数占 65%。在通气状态下持续饲养龙虾 60 d,养殖管理与上述大致相同,饲养龙虾的饵料主要是小杂鱼,试验用水为砂滤海水,试验水体温度为 20 ~ 27,盐度为 24 ~ 31, pH 为 8.10 ± 0.1。

分别观测各试验组中国龙虾的蜕壳率、体长和体质量增长率。为进一步观察中国龙虾蜕壳后个体增长情况,将蜕壳后 10 ~ 12 h 的中国龙虾蜕壳个体取出,单独饲养于 200 L 塑料水槽中,观测蜕壳后 1, 12, 20 d 中国龙虾的生长情况。

差异性也十分显著,其月平均增长率也因此而差异十分显著,详见图 3。图中资料显示,用翡翠贻贝饲养的中国龙虾蜕壳率和蜕壳增长率都高居各试验组之首。在 6 种试验饵料中,翡翠贻贝饲养中国龙虾效果最佳,其次是杂虾、杂蟹、牡蛎。投喂配合饲料的中国龙虾蜕壳增长率虽较高,但蜕壳周期较长,说明该饲料营养效果不算差,较低的摄食率可能是导致该实验组中国龙虾蜕壳周期长的主要原因;投喂杂鱼的中国龙虾蜕壳增长率和阶段生长率都很低,反映出杂鱼作为中国龙虾饲料的营养缺陷。

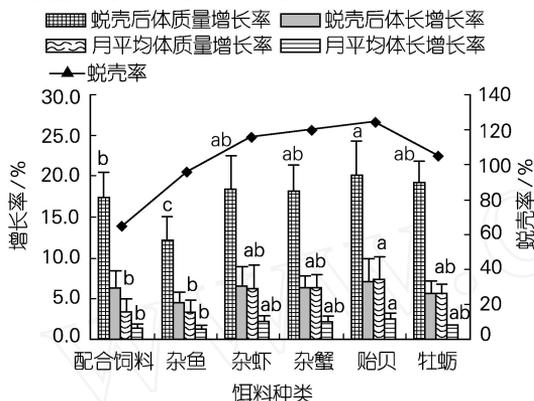


图 3 投饲不同饵料中国龙虾个体增长的差异性

Fig. 3 Growth rates in body weight and body length and molt rates of the lobster taken in various diets

不同字母表示不同饵料条件下同一增长率指标值之间差异显著 ($P < 0.05$)

Data in the same index with different letters are significantly different ($P < 0.05$) among the prawn took in different diets

2.4 不同添加剂对中国龙虾生长的影响

不同的饲料添加剂能使中国龙虾的蜕壳率和蜕壳增长率产生明显的差异(图 4)。龙虾饲料中添加复合蜕壳素、市售蜕壳素,能够使中国龙虾在获得良好营养的前提下,缩短蜕壳周期,实现蜕壳率和蜕壳增长率的同步增长,进而加快中国龙虾生长速度,提高饵料效率(图 5),其中复合蜕壳素作用尤为明显。龙虾饲料中添加龙虾甲壳粉和喹乙醇可强化饲料营养的吸收与同化效率,却不能增进中国龙虾的蜕壳,尤其是龙虾甲壳粉具有显著的平衡食物营养,提高食物营养同化效率的功效。从实验结果看,中国龙虾的蜕壳率与蜕壳增长率之间并不存在一定的比例关系,反映出二者之间的特殊相关性,显然,龙虾的蜕壳并非构建在蜕壳后组织营生程度的基础上。

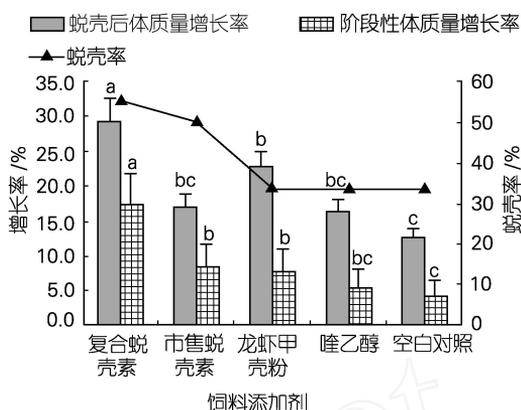


图 4 不同饲料添加剂对中国龙虾个体增长的影响

Fig. 4 Growth rates in body weight and molt rates of the lobster taken in various diet additives

不同字母表示不同饲料添加剂对同一增长率指标的影响差异显著 ($P < 0.05$)

Data in the same index with different letters are significantly different ($P < 0.05$) among the prawn took in different diet additives

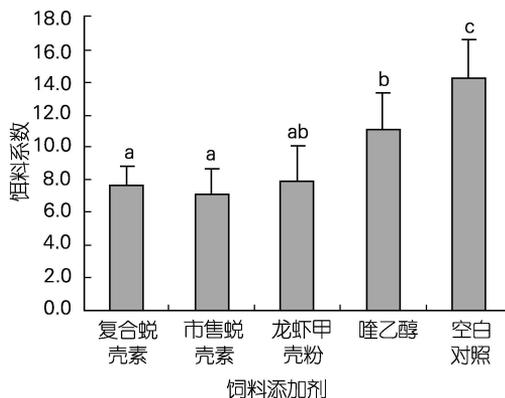


图 5 不同饲料添加剂对中国龙虾饲料转换效率的影响

Fig. 5 Feeding efficiencies of the lobsters taken in various diet additives

不同字母表示使用不同饲料添加剂,龙虾饵料系数差异显著 ($P < 0.05$)

Data with different letters are significantly different ($P < 0.05$) among the prawns took in different diet additives

2.5 摘除龙虾眼柄和电脉冲刺激对中国龙虾生长的影响

摘除眼柄和电刺激均能显著提高中国龙虾的蜕壳率,但是,经摘除眼柄处理的中国龙虾蜕壳后的体长与体质量增长率几乎与正常试验龙虾(对照组)相

当,而经电脉冲刺激的中国龙虾无论是蜕壳后体长增长率,还是蜕壳后体质量增长率都远低于对照组,甚至个别龙虾个体出现负增长情况。可见,摘除眼柄能促进中国龙虾的生长,电刺激则只能促进中国龙虾蜕壳,而不能加速龙虾的生长,甚至可能导致龙虾出现零生长或负生长。详见图 6~图 9。

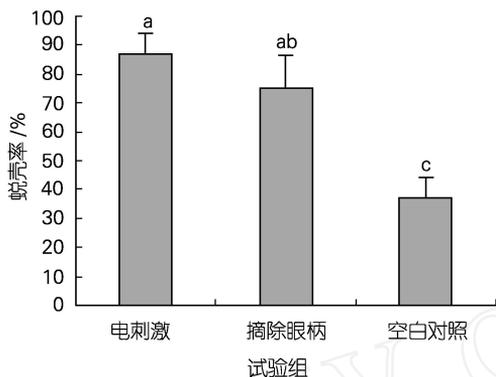


图 6 不同处理对中国龙虾蜕壳率的影响

Fig. 6 Molt rates of the lobsters treated with various ways

不同字母表示不同的处理方式引起的中国龙虾蜕壳率差异显著 ($P < 0.05$)

Data with different letters are significantly different ($P < 0.05$) among treatments

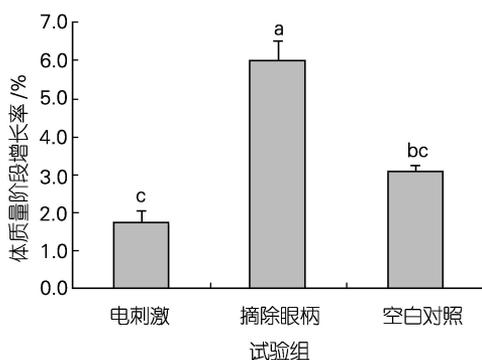


图 7 不同处理对中国龙虾体质量阶段增长率的影响

Fig. 7 Body weight growth rates of the lobsters in tested period treated with various ways

不同字母表示不同的处理引起的龙虾体质量阶段增长率差异显著 ($P < 0.05$)

Data with different letters are significantly different ($P < 0.05$) among treatments

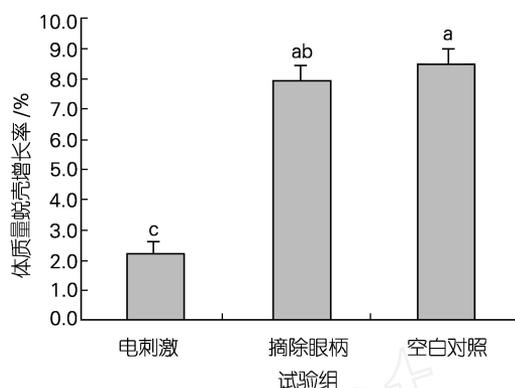


图 8 不同处理对中国龙虾体质量蜕壳增长率的影响

Fig. 8 Body weight growth rates of the lobsters subsequent molting treated with various ways

不同字母表示不同的处理引起的龙虾体质量蜕壳增长率差异显著 ($P < 0.05$)

Data with different letters are significantly different ($P < 0.05$) among treatments

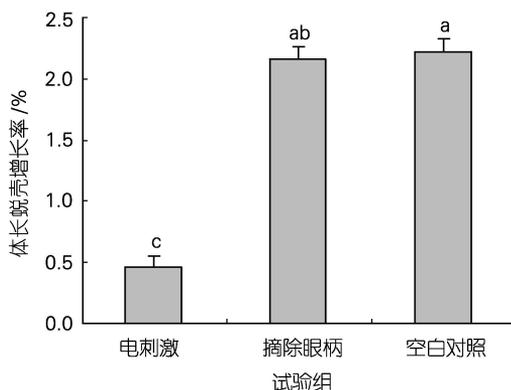


图 9 不同处理对中国龙虾体长蜕壳增长率的影响

Fig. 9 Body length growth rates of the lobsters subsequent molting treated with various ways

不同字母表示不同的处理引起的龙虾体长蜕壳增长率差异显著 ($P < 0.05$)

Data with different letters are significantly different ($P < 0.05$) among treatments

2.6 不同性别中国龙虾生长情况的差异性

不同性别的中国龙虾个体蜕壳后增长率存在一定的差异性,总体而言,在同等条件下雄性个体的蜕壳增长率高于雌性个体,详见图 10。

实验结果表明,中国龙虾蜕壳之后,新壳硬化之

前是中国龙虾个体增长的重要时期,这个时期持续时间两周左右。中国龙虾由于甲壳厚重,个别个体蜕壳后先出现负生长,然后体质量才逐渐增加,实现个体的正生长。

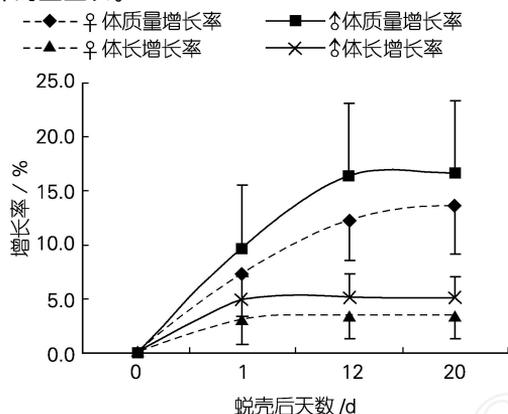


图 10 不同性别中国龙虾个体蜕壳增长率的差异性

Fig. 10 Body weight and body length growth rates of the female and male lobsters subsequent molting determined at different time courses

3 讨论

甲壳动物蜕壳后躯体吸水膨胀,通过蜕壳实现个体的跨越式增长,而在两次蜕壳之间,肌体线性尺度基本维持不变,体质量随体内物质的积累而略有增长^[5]。中国龙虾的生长基本上循此规律,不过中国龙虾蜕壳后新壳硬化过程时间较长,甲壳硬化过程仍然是肌体跨越式生长的延续,见图 10,因此,避免刺激有利于提高中国龙虾的生长率。由于中国龙虾甲壳厚重,蜕壳活动造成的物质损耗较大,因此,通过提高蜕壳后的中国龙虾的摄食强度和营养水平,提高肌体组织营生和物质积累与储备程度,必然是龙虾个体实现正常快速生长的物质基础和前提条件。

中国龙虾系变温动物,环境温度能通过影响中国龙虾的代谢速率而影响中国龙虾的生长。在中国龙虾能够正常蜕壳与生长的温度范围内,不同温度条件下中国龙虾生长速度差异显著,控制环境温度是加速中国龙虾生长的有效途径。中国龙虾生长的适温范围是 15~30,最适生长温度是 27,具有暖温带种群的生理特性。

中国龙虾是渗透调节型动物,盐度通过影响机体渗透压调节而影响能量的消耗,进而影响中国龙虾的生长。在中国龙虾能够正常生存与生长的盐度范围内,不同盐度条件下中国龙虾的生长率差异显著,说明饲养水体盐度的调控也是实现中国龙虾正

常快速生长的必要和充分因素。中国龙虾的适宜生长盐度是 20~36,最适生长盐度大约是 28。盐度的变化并未带来中国龙虾蜕壳率的显著变化,看不出中国龙虾渗透调节与机体蜕壳的荷尔蒙调节机制存在相关性。

中国龙虾虽然是杂食性偏向动物食性,但是,不同种类的饵料对中国龙虾的诱食性和营养效果迥异。投饲不同种类饵料的中国龙虾蜕壳率和蜕壳增长率差异都非常显著,见图 3。恰当的饵料供给是实现中国龙虾正常快速生长的至关重要的因素。翡翠贻贝饲养中国龙虾不仅营养效果最好,而且,具有经济实惠、使用方便和净化养殖环境水质的优点,是养殖中国龙虾的首选饵料,这与国外的报道一致^[13]。

在龙虾饲料中添加蜕壳促进素和营养平衡剂,不仅是可行,而且能十分有效地促进中国龙虾生长。饲料中添加复合生长促进剂能够显著提高中国龙虾的蜕壳频率和蜕壳增长率,说明饲料中适当添加蜕壳素和某些营养成分,非常有利于龙虾生长。从食物中大量补充甲壳成分虽不能提高中国龙虾的蜕壳频率,但可大幅度提高蜕壳增长率,仍然具有促生长作用,这说明龙虾蜕壳后损失的甲壳成分及时得到补充,是龙虾正常快速生长的条件之一。噻乙醇虽具有一定的促生长作用,但其效果不及龙虾甲壳粉,还有影响龙虾食品的安全食用之虞。

甲壳动物蜕壳过程受到体内激素的调控,甲壳动物眼球基部的 X-器官分泌的抑制蜕壳激素,具有抑制甲壳动物蜕壳的作用^[5]。通过摘除单侧眼柄,破坏中国龙虾的单侧 X-器官既能提高其蜕壳率,又不影响其蜕壳增长率,可见,部分解除中国龙虾抑制蜕壳激素的作用并不影响其蜕壳前的物质积累和蜕壳前的生理准备。摘除眼柄能够促进中国龙虾蜕壳,进而加速中国龙虾生长,这一结果与中国台湾学者叶光薰早年对日本龙虾的实验报道基本一致。

电脉冲刺激虽然也能提高中国龙虾的蜕壳率,但其蜕壳增长率显著变小,甚至不增长或负增长,可见,外源性电刺激促进中国龙虾蜕壳属于应激蜕壳,并不能真正促进中国龙虾生长。过度的刺激对中国龙虾的生长甚至有负面影响。

中国龙虾的蜕壳增长率与自身性别有一定关系,雄性个体的蜕壳增长率大于雌性个体。据报道中国龙虾雌性个体体质量大约达到 150~200 g 便能怀卵生殖^[10],如果再考虑中国龙虾生殖期不蜕壳、大量营养和能量用于生殖对肌体生长产生的不利影响,那么可以想象,养殖中国龙虾雄性个体的生长速度必然比雌性个体快许多。

参考文献:

- [1] 宋薰华. 龙虾养殖 [J]. 养鱼世界, 1998, 1: 64-72.
- [2] Ranman M K. The potential of spiny lobster culture in India[J]. *INFOFISH INT*, 1994, 51-53.
- [3] 洪世雄. 龙虾人工养殖简介 [J]. 中国水产, 1993, 262(7): 23.
- [4] 张立言. 中国农业百科全书. 水产卷(上) [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 305-306.
- [5] 王克行, 吴琴瑟, 纪成林, 等. 虾蟹类增养殖学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 27-30, 161-163, 256-260.
- [6] 董聿茂. 中国龙虾类的初步调查 [J]. 东海海洋, 1984, 9(3): 19-21.
- [7] Walton Smith F G. 龙虾的生态 [J]. 中国水产(中国台湾), 1959, 83: 19-21.
- [8] 陈政强, 陈昌生, 吴仲庆 等. 盐度对中国龙虾存活、生长的影响 [J]. 集美大学学报, 2000, 5(1): 31-36.
- [9] 陈政强, 陈昌生, 吴仲庆 等. 中国龙虾人工养殖饵料的初步研究 [J]. 上海水产大学学报, 2000, 9(4): 308-312.
- [10] 陈政强, 陈昌生, 吴仲庆 等. 中国龙虾摄食习性的研究 [J]. 海洋水产研究, 2000, 21(3): 43-48.
- [11] 陈政强, 陈昌生, 单剑宇. 中国龙虾的生物学特性 [J]. 中国水产, 2001, 270(1): 57-59.
- [12] 徐继初. 生物统计及试验设计 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 59-69.
- [13] Pham T D, Do H H, Hoang T D, *et al.* Combined culture of mussel: a tool for providing live feed and improving environmental quality for lobster aquaculture in Vietnam. Spiny lobster ecology and exploitation in the South China Sea region [R]. Nha Trang, Vietnam: Proceeding of a workshop, 2004.

The growing characteristics and accelerating ways for growth of the spiny lobster, *Panulirus stimpsoni*

CHEN Zheng-qiang, CHEN Chang-sheng, HUANG Yong-chun, HUANG Zhi-ling
(The Fisheries College of Jimei University, Xiamen 361021, China)

Received: Apr. 30, 2006

Key words: *Panulirus stimpsoni*; molt; growth; condition; diet

Abstract: The Chinese spiny lobster, *Panulirus stimpsoni*, is the most important spiny lobster species, which gregariously inhabits in China seas. The same as other decapoda, the lobster grows via molt, however, it has a long time for growth before the newly carapace gets hard completely, which was significant for the better growth of lobster. The growth rates of the lobster kept different between the male and female ones, and the female lobster commonly grew less than the male ones in the same condition. The environmental factors, such as water temperature, salinity *et al.*, and the nutrition qualification as varieties of diet were all the important factors affected the growth of the lobster. At the optimal condition, water temperature 27 and the salinity 28, the intermolt period of the lobster can probably be less than 54 days and molt growth rate up to 29.29%. The lobster grew well with taking in the food of mussels, oysters *et al.*. And the lobster treated with extirpated eyestalk grew better than that of free treatment, whereas impulse activation can only contribute to molt not to growth of the lobster.

(本文编辑: 刘珊珊)