

中华绒螯蟹幼体发育阶段对淀粉营养需要的研究

潘鲁青 肖国强 张红霞

(中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室, 青岛 266003)

摘要: 本实验研究了饲料中淀粉含量对中华绒螯蟹幼体生长发育与淀粉酶活力的影响。结果表明: 饲料中不同淀粉含量对中华绒螯蟹幼体存活率、变态率和增重量的影响显著 ($P < 0.05$), 但影响的程度各不相同。中华绒螯蟹各期幼体在变态后 0—20h 内, 幼体淀粉酶活力的变化呈上升 (Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4) 或下降 (Z_5 、M) 趋势, 且饲料中淀粉含量对幼体淀粉酶活力变化有显著影响 ($P < 0.05$); 不同淀粉含量的饲料投喂 4h 后, 各期幼体淀粉酶活力出现相应变化, 至 12h 后, 各处理组幼体淀粉酶活力的变化趋于稳定。结合幼体生长发育和淀粉酶的适应性, 得出 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 、M 的适宜淀粉需求量分别为 18%、22%、18%、18%—22%、18%、14%—18%。

关键词: 淀粉含量; 中华绒螯蟹; 幼体; 生长发育; 淀粉酶

中图分类号: S963.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2006)03-0327-06

糖类是养殖水生动物维持生长、发育的重要营养物质, 也是可以直接利用的能量物质。饲料中添加适量的糖类能够促进养殖水生动物的生长发育, 提高蛋白质的利用率^[1, 2], 而过高的糖水平会导致抗病力下降、生长缓慢、死亡率高等症状^[1, 3]。许多学者的研究发现草食性和杂食性甲壳动物比肉食性具有更高 α -淀粉酶活力^[4], 而且某些肉食性甲壳动物也表现出较高的淀粉酶活力^[5, 6], 同时淀粉酶活力的变化与甲壳动物幼体的食性转变有关。甲壳动物幼体消化酶活力的变化不仅与幼体不同生长发育阶段的新陈代谢水平相关, 而且还与饲料的组成有关^[7-9]。本文研究了饲料中淀粉含量对中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 幼体生长发育与淀粉酶活力的影响, 探讨了幼体消化酶对饲料组成的适应性, 并结合生长发育, 确定各期幼体对糖类需求的适宜范围, 为甲壳动物幼体营养生理的研究奠定了理论基础, 也为人工配合饲料的开发研制提供了科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料 实验于 2003 年 4 月在东营市东营区河蟹育苗场进行。所用中华绒螯蟹幼体取自同一批孵化的健康幼体。实验饲料由酪蛋白、明胶、糊精、鱼

油(鳙鱼)、维生素混合物和无机盐混合物组成, 充分混合后于 60℃ 下烘干, 粉碎至微粒, 经胆固醇饱和的环己烷包膜(400mL 环己烷 + 4.5g 胆固醇), 6 种饲料(A1—A6)的组成成分和可溶性淀粉含量见表 1。冷冻干燥后, 分别经 160 目、120 目、100 目、60 目和 40 目筛绢筛分, 置于冰箱中保存, 分别投喂蚤状幼体 iv 期(Z_1)、蚤状幼体 ㊟期(Z_2)、蚤状幼体 ㊟期(Z_3)、蚤状幼体 ㊟期(Z_4)、蚤状幼体 ㊟期(Z_5) 和大眼幼体(M)。

1.2 梯度的设置 实验分为生长发育和淀粉酶活力实验两部分, 每部分实验均分为 $Z_1 \rightarrow Z_2$ 、 $Z_3 \rightarrow Z_4$ 和 $Z_5 \rightarrow M$ 三个阶段进行, 各阶段均设 6 个饲料实验梯度, 分别投喂 A1、A2、A3、A4、A5、A6 实验饲料, 各实验梯度均设 3 个平行组。

生长发育实验在恒温水浴中进行, 每个实验容器的水体为 6L, 分别放入刚变态幼体 Z_1 200 尾、 Z_3 200 尾、 Z_5 150 尾, 各阶段分别投喂 6 种实验饲料, 实验持续时间为 72h, 计数生长发育指标。

淀粉酶活力实验在 $50\text{cm}^2 \times 30\text{cm}^2 \times 40\text{cm}^2$ 的塑料水槽中进行, 实验水体为 50L, 分别取刚变态的 Z_1 、 Z_3 、 Z_5 幼体放入各实验水槽中, 幼体培养密度为 10—15 万尾/ m^3 。 $Z_1 \rightarrow Z_2$ 、 $Z_3 \rightarrow Z_4$ 和 $Z_5 \rightarrow M$ 三个阶段

收稿日期: 2004-08-25; 修订日期: 2006-01-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(30100140); 教育部博士点基金项目(2000042303); 山东省自然科学基金项目(Y98D15063)资助

作者简介: 潘鲁青(1966—), 男, 博士, 教授, 山东省青岛市人; 从事水产动物生理学的研究。E-mail: panlq@ouc.edu.cn

实验开始时分别投喂 6 种实验饲料, 当 Z_1 、 Z_3 、 Z_5 取样结束后各实验组均投喂 A_3 实验饲料, 当各实验组出现刚变态的 Z_2 、 Z_4 、M 幼体时, 再分别投喂 6 种实验饲料。实验开始时, 分别取 Z_1 、 Z_3 、 Z_5 幼体样品,

当 Z_2 、 Z_4 、M 幼体变态率达 50% 以上时分别开始取样, 各期幼体的取样时间均为 0、4、8、12、16、20h, 每次分别捞取各实验水槽 200—400mg 幼体样品, 样品保存于- 20℃冰箱中待测。

表 1 实验用配合饲料组成和淀粉含量
Tab. 1 Formulation and anylum content of experimental diets

饲料成分(100g 干重)	实验饲料组成(%) Diets					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
糊精 Dextrin	6	10	14	18	22	26
鳙鱼油 Fish oil	6	6	6	6	6	6
酪蛋白 Casein	35	35	35	35	35	35
明胶 Gelatin	10	10	10	10	10	10
维生素混合物 Vitamin mix ^a	4	4	4	4	4	4
无机盐混合物 Mineral mix ^b	10	10	10	10	10	10
褐藻酸钠 Sodium alginate ^c	1	1	1	1	1	1
纤维素 Cellulose	28	24	20	16	12	8
饲料中可溶性淀粉含量 Estimated anylum	6	10	14	18	22	26
实测的淀粉含量 Determined anylum	5. 91	10. 32	13. 55	17. 86	22. 49	26. 73

注: a 维生素混合物(100g): 维生素 A 0. 05g, 维生素 B₁ 0. 15g, 维生素 B₂ 0. 40g, 维生素 B₃ 1. 00g, 维生素 B₅ 1. 00g, 维生素 B₆ 0. 40g, 维生素 B₇ 0. 04g, 维生素 B₁₁ 0. 10g, 维生素 B₁₂ 0. 01g, 维生素 C 10. 00g, 维生素 D₃ 0. 09g, 维生素 E 1. 20g, 维生素 K₃ 0. 06g, 肌醇 10. 00g, 氯化胆碱 15. 00g, 纤维素 60. 50g。

b 无机盐混合物(100g): NaH₂PO₄ 10. 00g, KH₂PO₄ 21. 50g, Ca(H₂PO₄)₂• 2H₂O 26. 50g, CaCO₃ 10. 50g, KCl 2. 80g, MgSO₄• 7H₂O 10. 00g, AlCl₃• 6H₂O 1. 20g, ZnSO₄• 7H₂O 0. 50g, MnSO₄• 4H₂O 0. 14g, KI 0. 05g, CoCl₂• 6H₂O 0. 18g, 乳酸钙 16. 50g, 柠檬酸铁 0. 08g。

c 实验饲料均加 1% 的褐藻酸钠作为黏合剂。

a Provided (as g/100g mix): Retinol, 0. 05; Thiamine, 0. 15; Riboflavin, 0. 40; Niacinamide, 1. 00; Pantothenic Acid, 1. 00; Pyridoxine, 0. 40; Biotin, 0. 04; Folic Acid, 0. 10; Cobalamin, 0. 01; Ascorbic Acid, 10. 00; Cholecalciferol, 0. 09; Tocopherol, 1. 20; Menadione, 0. 06; Inositol, 10. 00; Choline Chloride, 15. 00; Cellulose, 60. 50.

b Provided (as g/ 100g mix): NaH₂PO₄, 10. 00; KH₂PO₄, 21. 50; Ca(H₂PO₄)₂• 2H₂O, 26. 50; CaCO₃, 10. 50; KCl, 2. 80; MgSO₄• 7H₂O, 10. 00; AlCl₃• 6H₂O, 1. 20; ZnSO₄• 7H₂O, 0. 50; MnSO₄• 4H₂O, 0. 14; KI, 0. 05; CoCl₂• 6H₂O, 0. 18; Calcium lactate, 16. 50; Fe-citrate, 0. 08.

c added as a binder.

1.3 管理 实验用水盐度为 20, pH 为 8.3—8.5, 实验的 $Z_1 \rightarrow Z_2$ 、 $Z_3 \rightarrow Z_4$ 、 $Z_5 \rightarrow M$ 三个阶段水温分别控制为 $21 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、 $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 。实验过程中连续充气, 日换水 1/2—2/3, 并加入同温度的实验用水, 换水前清除残饵、粪便及死亡幼体, 日投喂饲料 8—10 次, 各实验组投喂量相同, 均稍过量。

1.4 生长发育指标的测定 实验结束时分别计数各实验梯度幼体的存活率、变态率; 在实验开始、结束时, 分别取 8—10 尾幼体用重蒸水冲洗 3 次, 60°C 烘干至恒质量, 用万分之一电子天平称质量, 计算幼体的体质量日增重量:

$$\text{体质量日增重量}(\mu\text{g}/\text{ind}\cdot\text{d}) = \frac{\text{终体质量} - \text{初体质量}}{\text{实验时间}(\text{天数}) \cdot \text{幼体数量}}$$

1.5 淀粉酶活力测定 分别取 200—400mg 幼体左

右置于冰浴中, 加入 10 倍体积(W/ V) 预冷重蒸水, 用电动匀浆机 10000r/ min 匀浆 5min, 以 Sigma1-15k 型冷冻离心机于 0°C 、10000r/ min 离心 30min, 上清液作酶活力测定。

淀粉酶活力测定的方法: 按潘鲁青方法^[10], 加入用 0.067mol/ L 磷酸缓冲液(pH 为 6.9) 配制的 1% 淀粉溶液 0.5mL, 酶液 0.5mL, 摇匀; 置于 25°C 水浴中, 保温 3min; 再加入 3, 5-二硝基水杨酸指示剂溶液 2mL, 置于沸水浴 5min 后, 取出进行流水冷却, 定容至 10mL, 490nm 处比色测麦芽糖含量。 25°C 条件下, 每分钟催化淀粉生成 $1\mu\text{g}$ 麦芽糖作为一个活力单位(U/ mg 蛋白) 。

酶液蛋白浓度以牛血清蛋白作标准, 用双缩脲法测定。

1.6 数据处理与分析 所有数据均以 3 个平行组数

据的平均值 ± 标准差 (Means ± SD) 表示, 并采用单因素方差分析 (ANOVA) 和 Duncan 检验法统计分析。

2 结果

2.1 饲料中淀粉含量对中华绒螯蟹幼体生长发育的影响

由表 2 可看出, 饲料中不同淀粉含量对中华绒螯蟹幼体存活率、变态率和增重量的影响存在显著差异 ($P < 0.05$), 但影响的程度各不相同, 幼体的存活率、变态率在 $Z_3 \rightarrow Z_4$ 阶段最高。由此得出 $Z_1 \rightarrow Z_2$ 、 $Z_3 \rightarrow Z_4$ 、 $Z_5 \rightarrow M$ 阶段饲料中淀粉的适宜含量分别为 18%—26%、18%—22%、18%—22%。

2.2 饲料中淀粉含量对中华绒螯蟹幼体淀粉酶活力的影响

图 1 表明, 中华绒螯蟹各期幼体在变态后 0—20h 内, 幼体淀粉酶活力的变化呈上升 (Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、

Z_4) 或下降 (Z_5 、 M) 趋势, 且饲料中淀粉含量对幼体淀粉酶活力变化有显著影响 ($P < 0.05$)。不同淀粉含量的饲料投喂 4h, 各期幼体淀粉酶活力出现相应变化, 至 12h 后, 各处理组幼体淀粉酶活力的变化趋于稳定。经单因素方差分析 (ANOVA), 选择淀粉酶活力较高、差异不显著的处理组 ($P > 0.05$), 并以淀粉含量最低的处理组作为各期幼体的适宜含量, 由此得出 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 、 M 的适宜淀粉需求量分别为 18%、22%、18%、18%、18%、14%。

2.3 中华绒螯蟹各期幼体淀粉酶活力的变化趋势

选取投喂不同淀粉含量的饲料后中华绒螯蟹各期幼体淀粉酶活力变化平衡的 16h 作图。结果表明, 在幼体发育过程中, 不同淀粉含量处理组淀粉酶活力变化趋势基本一致, 在 $Z_1 \rightarrow Z_2$ 期间, 幼体淀粉酶活力逐渐增大, 并在 Z_2 达到峰值, 然后呈逐渐下降趋势 (图 2)。

表 2 饲料中淀粉含量对中华绒螯蟹幼体存活率、变态率和增重量的影响
Tab. 2 The effect of dietary amylum content on survival, metamorphosis and weight gain of *E. sinensis* larvae

淀粉含量 (%) Anyllum content	存活率 (%) Survival			变态率 (%) Metamorphosis			体质量日增重量 (μg/ind·d) Weight gain		
	$Z_1 \rightarrow Z_2$	$Z_3 \rightarrow Z_4$	$Z_5 \rightarrow M$	$Z_1 \rightarrow Z_2$	$Z_3 \rightarrow Z_4$	$Z_5 \rightarrow M$	$Z_1 \rightarrow Z_2$	$Z_3 \rightarrow Z_4$	$Z_5 \rightarrow M$
6	28.6 ± 1.2 ^a	54.0 ± 1.7 ^a	37.0 ± 1.4 ^a	19.8 ± 0.5 ^a	47.3 ± 2.1 ^a	18.3 ± 0.3 ^a	4.43 ± 0.2 ^a	23.2 ± 0.7 ^a	91.3 ± 3.1 ^a
10	31.3 ± 0.7 ^a	57.2 ± 3.1 ^a	37.7 ± 3.2 ^a	18.4 ± 0.4 ^a	50.4 ± 1.1 ^a	19.7 ± 0.6 ^a	5.54 ± 0.8 ^a	26.6 ± 0.4 ^a	94.0 ± 2.2 ^a
14	40.1 ± 1.4 ^b	56.7 ± 2.5 ^a	44.0 ± 1.6 ^b	23.5 ± 1.3 ^a	51.5 ± 0.6 ^b	24.5 ± 0.4 ^b	7.77 ± 0.3 ^a	46.6 ± 0.6 ^b	112.0 ± 4.2 ^a
18	54.3 ± 1.7 ^b	60.5 ± 2.8 ^b	47.5 ± 1.4 ^b	30.2 ± 0.8 ^b	54.3 ± 1.2 ^b	27.5 ± 1.1 ^b	12.2 ± 1.2 ^b	59.9 ± 1.4 ^b	118.7 ± 2.3 ^b
22	42.1 ± 2.1 ^b	60.0 ± 2.3 ^b	58.0 ± 0.7 ^b	26.0 ± 2.1 ^b	51.0 ± 3.1 ^b	32.0 ± 1.3 ^b	9.99 ± 0.5 ^b	47.7 ± 1.2 ^b	132.7 ± 6.3 ^b
26	43.8 ± 1.9 ^b	49.5 ± 1.8 ^a	46.5 ± 2.1 ^a	22.9 ± 1.6 ^b	41.7 ± 2.2 ^a	29.5 ± 0.7 ^b	8.87 ± 0.3 ^b	38.8 ± 1.3 ^a	115.3 ± 4.2 ^a

注: 数据右上角不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。Means not sharing a common superscript letter between column values for each index differ significantly ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 饲料中淀粉含量对中华绒螯蟹幼体生长发育的影响

据 Shiau^[11] 和 Catacutan^[12] 报道斑节对虾 (*Penaeus monodon*)、日本囊对虾 (*Marsupenaeus japonicus*) 幼虾饲料中淀粉的适宜添加量应为 30%—35%, 若超过 35% 对虾生长缓慢, 饲料系数增加; 徐新章等^[13] 以存活率为指标, 研究认为中华绒螯蟹蚤状幼体至大眼幼体、大眼幼体至 0.1g 幼蟹饲料中糖类的适宜含量分别为 20%、21.2%, 糖类成为影响幼体存活率的重要限制因子。本实验表明饲料中不同淀粉含量对中华绒螯蟹幼体生长发育影响显著, $Z_1 \rightarrow Z_2$ 、 $Z_3 \rightarrow Z_4$ 、 $Z_5 \rightarrow M$ 阶段饲料中淀粉的最适含量分别为

18%—26%、18%—22%、18%—22%, 这说明以幼体生长发育为指标可以确定幼体对淀粉的需求量。许多研究表明甲壳幼体消化酶和幼体存活率之间有一定的关系, 高消化酶活力能提高幼体的存活率和增重率^[14]。因此仅从幼体生长发育考虑营养需求是不够的, 需要进一步结合消化酶对营养物质适应性, 这样才能更好的确定各期幼体的营养需求。

3.2 饲料中淀粉含量对中华绒螯蟹幼体淀粉酶活力的影响

据 Jones^[15] 报道中肠腺盲囊是对虾蚤状幼体消化酶主要的分泌中心, 随着幼体的发育中肠腺盲囊逐渐退化, 肝胰脏成为主要的消化器官; 堵南山等^[16] 认为中华绒螯蟹幼体的中肠腺由肝胰管、前盲囊和后盲囊组成, 前盲囊和后盲囊在 Z_1 形成, 肝胰

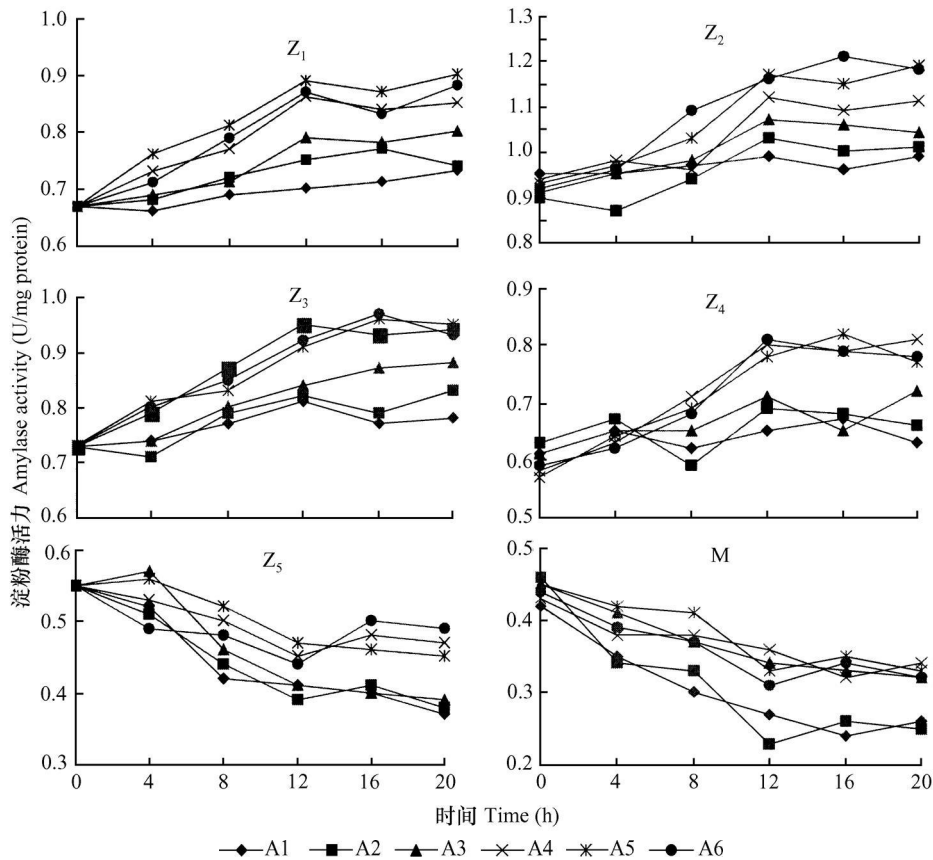


图 1 饲料中淀粉含量对中华绒螯蟹幼体淀粉酶活力的影响

Fig. 1 The effect of anylum content of diet on amylase activity of *E. sinensis*

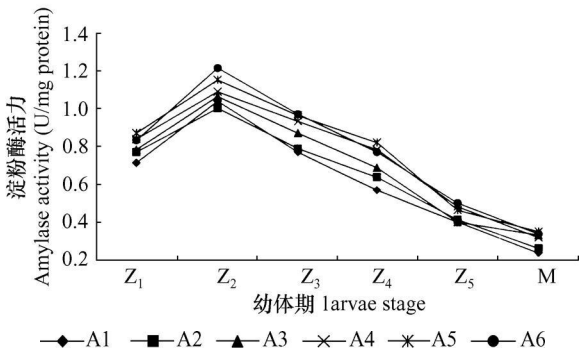


图 2 中华绒螯蟹各期幼体淀粉酶活力的变化趋势

Fig. 2 The trend of amylase activity in the larvae of *E. Sinensis*

管在 Z_2 形成, 而且前盲囊和后盲囊形成后生长发育很慢, 而作为分泌消化酶主要器官的肝胰管在 Z_2 生长率不大, 为 28.5%, 从 $Z_3 \rightarrow Z_5$, 生长率分别为 55.55%、71.42%、32.50%、31.44%。本研究表明中华绒螯蟹在蚤状幼体期淀粉酶活力逐渐增大, 在 Z_2 达到峰值, 然后逐渐下降, 各处理组幼体淀粉酶活力的变化趋势基本一致。作者认为这主要因为中华绒螯蟹幼体的消化酶活力的变化与消化系统的发育密

切相关, 幼体不同发育阶段消化酶的调节机制不同, 从而使各期幼体出现对营养物质需求不同和食性变化。

动物幼体消化酶活力的高低直接反映了对营养物质吸收利用的能力。由于饲料中的淀粉含量不同, 甲壳动物幼体摄食后, 为了更好地消化、吸收和利用饲料中的淀粉, 幼体淀粉酶分泌量出现差异, 通过测定不同淀粉含量处理组幼体淀粉酶活力在短时间内的变化, 研究幼体淀粉酶对饲料中淀粉的适应程度和速度, 确定幼体的淀粉需求的适宜含量。李瑾等^[17]的研究发现饲料中淀粉含量高的实验组, 幼鳃消化器官中淀粉酶活性也相应较高, 两者均呈极显著的相关关系。本研究表明不同淀粉含量的饲料投喂 4h, 各期幼体淀粉酶活力出现相应变化, 至 12h 后, 各处理组幼体淀粉酶活力的变化趋于稳定, 而且不同实验组幼体淀粉酶的活力差异显著。作者认为中华绒螯蟹幼体的淀粉酶活力对饲料中的营养物质具有明显的适应性, 在一定的范围内饲料中淀粉含量与幼体淀粉酶活力呈正相关, 而幼体淀粉酶的分泌量或幼体的消化能力是有一定限度的, 只能最大

消化利用一定数量的淀粉, 作者可以依据中华绒螯蟹幼体淀粉酶对饲料中淀粉的适应性, 选取淀粉酶活力高而淀粉含量较低的饲料组, 作为各期幼体对淀粉需求的适宜范围, 同时还应注意到幼体消化利用饲料中的营养物质最终是通过幼体的生长发育表现出来, 因此, 结合幼体生长发育和消化酶对营养物质的适应性能更加全面的反映中华绒螯蟹各期幼体的营养需求。

综上所述, 结合幼体的生长发育和幼体淀粉酶的适应性, 可真实地反映幼体对营养物质的消化和适应能力及生长情况, 为甲壳动物幼体人工饲料的开发研制创立一种新的技术方法。因此作者认为中华绒螯蟹 $Z_1 \rightarrow M$ 各期幼体淀粉的适宜含量分别为 18%、22%、18%、18%—22%、18%、14%—18%。

参考文献:

- [1] Erfanullah, Jafri A K. Effect of dietary carbohydrate to lipid ration on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*) [J]. *Aquaculture*, 1998, **161**: 159—168
- [2] Pei Z H, Xie S Q, Lei W, *et al.* Comparative study on the effect of dietary corn starch content on growth, feed utilization and body composition of Chinese longsnout catfish (*Leiostomus longirostris* G. nther) and gibel carp (*Carassius auratus* Gibelio) [J]. *Acta hydrobiologica Sinica*, 2005, **29**(3): 239—245 [裴之华, 谢绍启, 雷武, 等. 长吻鮠和异育银鲫对玉米淀粉利用差异的比较研究 [J]. *水生生物学报*, 2005, **29**(3): 239—245]
- [3] Brauge C, Medale F, Cornaze G. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater [J]. *Aquaculture*, 1994, **123**: 109—120
- [4] Johnston D J, Yellowless D. Relationship between dietary preferences and digestive enzyme complement of the slipper lobster *Theraps orientalis* [J]. *Journal of crustacean biology*, 1998, **18**(4): 656—665
- [5] Pan L Q, Luan Z H. The effects of salinity on development and $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ activity of *Penaeus japonicus* postlarvae [J]. *Acta hydrobiologica Sinica*, 2005, **29**(6): 699—703 [潘鲁青, 栾治华. 盐度对日本囊对虾仔虾生长发育和 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ 活力的影响. *水生生物学报*, 2005, **29**(6): 699—703]
- [6] Fang L S, Lee B N. Ontogenic change of digestive enzymes in *penaeus monodon* [J]. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1992, **103B**(4): 1033—1037
- [7] Le-Vay L, Rodriguez A, Kamaudin M S, *et al.* Influence of live and artificial diets on tissue composition and trypsin activity in *Penaeus japonicus* larvae [J]. *Aquaculture*, 1993, **118**: 287—297
- [8] Le Moullac G, Klein G B, Sellos D, Van Womhoudt A. Adaptation of trypsin, chymotrypsin and α -amylase to casein level and protein source in *Penaeus vannamei* (Crustacea, Decapoda) [J]. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1996, **208**: 107—125
- [9] Lemos D, Rodriguez A. Nutritional effects on body composition, energy content and trypsin activity of *Penaeus japonicus* during early postlarval development [J]. *Aquaculture*, 1998, **160**: 103—116
- [10] Pan L Q, Wang K X. The experimental studies on activity of digestive enzyme in the larvae *penaeus chinensis* [J]. *Journal of Fishery of China*, 1997, **21**(1): 26—31 [潘鲁青, 王克行. 中国对虾幼体消化酶活力的实验研究. *水产学报*, 1997, **21**(1): 26—31]
- [11] Shiao S Y, Lin S F, Lu L T. Effects of different types of wheat flour in feed for grass prawn *Penaeus monodon* [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1991, **57**: 705—710
- [12] Catacutan M R. Apparent digestibility of diets with various carbohydrate levels and the growth response of *Penaeus monodon* [J]. *Aquaculture*, 1991, **95**: 89—96
- [13] Xu X Z. Study on optimal ratio of dietary protein to energy of crab larva. *Jiangxi Aquaculture Technology*, 1998, (2): 18—20 [徐新章. 幼蟹配饵适宜能量蛋白比的研究. *江西水产科技*, 1998, (2): 18—20]
- [14] Kumlu M, Jones D A. The effect of live and artificial diets on growth, survival, and trypsin activity in larvae of *Penaeus indicus* [J]. *J. World Aqua. Soc.*, 1995, **26**(2): 406—415
- [15] Jones D A, Kamaudin M S, Le Vay L. The potential for replacement of live feeds in larval culture [J]. *Journ. World Aquaculture Soc.*, 1993, **24**: 199—210
- [16] Du N S, Cheng B L. Morphogenesis of larvae digestive system in *Eriocheir sinensis* (Crustacea: Decapoda) [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1992, **23**(1): 79—82 [堵南山, 陈炳良. 中华绒螯蟹幼体消化系统发育的研究. *海洋与湖沼*, 1992, **23**(1): 79—82]
- [17] Li J, Zhang S P, Tang Y, *et al.* The effects of different diets on amylase activity of larvae digestive system in *Monopterus albus* [J]. *Feed Industry*, 2002, **23**(12): 48—50 [李瑾, 张世萍, 唐勇, 等. 不同饲料对幼鳊消化系统内淀粉酶活性的影响. *饲料工业*, 2002, **23**(12): 48—50]

EFFECTS OF DIFFERENT DIETARY AMYLUM CONTENT ON GROWTH AND AMYLASE ACTIVITY OF *ERIOCHEIR SINENSIS* LARVAE

PAN Lu-Qing, XIAO Guo-Qiang and ZHANG Hong-Xia

(The Key Laboratory of Mariculture, Ocean University of China, Qingdao 266003)

Abstract: This paper studied the effects of different dietary amylum content on growth and protease activity of *Eriocheir sinensis* larvae. Experimental diets were prepared with casein, gelatin, dextrin, fish oil, vitamin mixtures and mineral mixtures, dried at 60 °C, then crushed to yield fine particles, and coated with 400 mL cyclohexane which had been saturated with 4.5g cholesterol. The amylum content of diets (A1—A6) was 6%—26%, which sieved for the desired particle sizes (160µm, 120µm, 100µm, 60µm, and 40µm for Z₁, Z₂, Z₃, Z₄, Z₅ and M stages respectively). The results showed that that if *Eriocheir sinensis* larvae were fed diets of different amylum content, their survival, metamorphic rate and weight gain all changed significantly ($P < 0.05$), but the amount of change differed. Larvae survival was highest during Z₃ metamorphosed to Z₄. During the 20h post-metamorphosis of every stage of *Eriocheir sinensis* larvae, the amylase activity increased at Z₁, Z₂, Z₃ and Z₄, and declined at Z₅ and M, meanwhile the amylase activity was influenced significantly by the amylum content in diets ($P < 0.05$). In addition, amylase activity of larvae at every stage changed corresponding to various dietary amylum content after 4h since the larvae were fed, and the change tended to be stable after 12h. And there was a significant positive correlation between dietary amylum content and larval amylase activity within a certain range, which suggested an obvious flexibility of amylase of *Eriocheir sinensis* larvae to amylum content. However, the larvae could only digest or utilize a quantity of amylum within the limit of the activity of excreted amylum or the digestive capability of larvae. So we chose the dietary groups with higher amylase activity and lower amylum content as the optimum range of amylum requirements of each stage larvae, basing on the relationship of larval amylase to the dietary amylum. Meanwhile, we should also take into consideration that the larvae are digesting and utilizing the dietary nutrition activity as represented by larval growth. Hence, considering the growth of larvae and the flexibility of protease, it could be concluded that the optimal amylum requirements at Z₁, Z₂, Z₃, Z₄, Z₅ and M were, respectively, 18%, 22%, 18%, 18%—22%, 18%, 14%—18%.

Key words: Amylum content; *Eriocheir sinensis*; Larve; Growth; Amylase