

不同蛋白量饵料轮转投喂对小龙虾生长的影响

余 璠¹, 陈友明², 祝安琪¹, 黄 成¹

(1. 南京大学生命科学学院, 江苏 南京 210023)

(2. 江苏省淡水水产研究所, 江苏 南京 210017)

[摘要] 将体质量(6.456 ± 1.868)g 的克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)单尾放入底、面直径为 12.1 cm 和 17.2 cm 的圆形容器中,加水 300 mL 饲养. 对照组有 3 组,高蛋白饵料 H 组、低蛋白饵料 L 组和中蛋白饵料 M 组分别投喂蛋白含量为 42%、12% 和 27% 的饵料. 轮转组(Rotation)有 4 个组分别为 R1、R3、R5、R7 组,每 1 d、3 d、5 d、7 d 轮换饵料,轮转投喂蛋白含量为 42% 和 12% 的饵料,本实验持续 30 d. 实验结果表明,仅 R5 组的体质量增长显著大于 H 组($P < 0.05$),并且在单尾检验上显著大于 R1 组($P < 0.05$);R5 组体质量增长最快. M 组 30 d 内平均摄食量显著大于轮转组和 L 组($P < 0.05$),表明对克氏原螯虾而言,中蛋白饵料的适口性最好. 比较各组的饵料系数,R3 组的饵料系数最低,极显著小于 M 组($P < 0.01$),显著小于 R1 组($P < 0.05$). R5 组的饵料系数仅次于 R3 组,显著小于 R1 组($P < 0.05$). 根据本研究的结果,R3 组的投喂方式成本最低,R5 组产量最高,建议在生产中采用 R3 组和 R5 组投喂方式为合适.

[关键词] 克氏原螯虾,轮转投喂周期,体质量增长

[中图分类号] S966.12 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2019)01-0102-05

Effect of Different Feed Rotation Cycles Between Different Protein Level Diets on Red Swamp Crayfish *Procambarus clarkii*

Yu Fan¹, Chen Youming², Zhu Anqi¹, Huang Cheng¹

(1. School of Life Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

(2. Freshwater Fishery Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210017, China)

Abstract: *Procambarus clarkii* weighting(6.456 ± 1.868)g was placed in a circular container with a bottom diameter of 12.1 cm and upper surface diameter of 17.2 cm. Add 300 ml water in each container. There were 3 groups in the control group. High protein diet group H, low protein diet group L and medium protein diet group M were respectively fed with protein level diets of 42%, 12% and 27%. Rotation group was fed with high-protein and low-protein diet in rotation. Rotation group had four groups which are R1, R3, R5, R7 group, every 1 d, 3 d, 5 d, 7 d rotation of feed. The experiment lasted 30 d. The results indicated that only the weight growth of R5 group was significantly higher than that of H group ($P < 0.05$), and the weight growth of R5 in single-tail test was significantly higher than that of R1 group ($P < 0.05$). The crayfish of R5 group grew fastest. The food intake of group M was significantly higher than that of rotation group and group L ($P < 0.05$), indicating that the medium protein content of the feed has well palatability. Compared with each group, feed coefficient of R3 group was the lowest. The feed coefficient of R3 group was significantly lower than that of group M ($P < 0.01$) and significantly lower than that of group R1 ($P < 0.05$). The feed coefficient of R5 group was the second. The feed coefficient of R5 group was lower than that of R1 ($P < 0.05$). According to the results of this study, R3 group has the lowest cost of feeding and R5 group has the highest yield. It is recommended that the feeding methods of R3 and R5 groups are appropriate.

Key words: Crayfish, feed rotation cycles, weight gain

收稿日期: 2018-03-06.

基金项目: 国家自然科学基金委项目 (NSFCJ1103512)、江苏省农业自主创新资金项目——克氏原螯虾产业链技术创新与集成应用 (CX(16)1017).

通讯联系人: 黄成, 副教授, 研究方向: 动物学. E-mail: huangcheng@nju.edu.cn

克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)又称为小龙虾,属于节肢动物门、甲壳纲、真虾总目、十足目、螯虾科,是世界上具有商品价值的虾类,也是中国最主要的淡水经济种类。为提高克氏原螯虾养殖的产量和质量,目前已广泛研究了克氏原螯虾养殖模式和对饵料的营养需求。克氏原螯虾的养殖模式有池塘主养、池塘虾蟹混养、池塘虾蟹鱼混养、圩滩地养殖、稻田养殖、林地养殖等^[1]。Jarboe 和 Romaine^[2]等人研究发现降低养殖密度能促进池塘中克氏原螯虾种群生长。Jover^[3]等给螯虾投喂 8 种含有不同蛋白质的饵料,结果显示 22%~26% 蛋白最适。国内也有研究表明饲喂 27% 蛋白质的饵料的克氏原螯虾肌肉含量最高^[4]。然而,想要提高克氏原螯虾的养殖效益,仅研究饵料营养还不够,合理地投喂方式也是重要的技术环节。投喂不当将降低饵料利用率和经济效益。关于饥饿投喂方式的研究较多,在畜禽类、哺乳类和甲壳类均有研究^[5-6]。有研究表明,饥饿 4d、投喂 4d 的克氏原螯虾,其体质量和各生理指标均达到最大值,属于超额补偿^[7]。但是关于不同饵料轮转投喂方式的研究,仅董超^[8]等人用虾配合饵料和鱼丸进行了每 7d 轮转投喂实验,发现轮转投喂能促进虾的摄食量,并提出每 3 d 轮换饵料可最大限度促进螯虾生长的猜想,但这个猜想还有待实验验证。本实验采用不同蛋白含量的饵料、不同轮转天数投喂克氏原螯虾,研究克氏原螯虾最适轮转周期,为克氏原螯虾养殖提高饵料利用率和质量提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用克氏原螯虾共 140 尾,体质量(6.456 ± 1.868) g,附肢健全,来源于江苏省淡水水产研究所扬中基地。

饵料为淡水水产研究所提供的 3 种虾配合饵料,蛋白质含量分别为 12% (低蛋白)、42% (高蛋白) 和 27% (中蛋白)。

实验用水为实验室充分曝气过的自来水,水温为 20 ℃。容器为 140 个浸泡过的食品级的底面直径为 12.1 cm、上面直径为 17.2 cm 的圆形容器,每个圆形容器中放一只虾,并加入 300 ml 水。

1.2 方法

1.2.1 分组,投喂与测定数据

实验共 7 个组:实验组为轮转组 R(R-rotation)。轮转组设立 4 个组记为 R1,R3,R5,R7 组。对照组为高蛋白饵料 H 组(H-high)、低蛋白饵料 L 组(L-low)和中蛋白饵料 M 组(M-middle)。每组 20 尾克氏原螯虾,雌雄各半,实验持续 30 d。轮转组轮转投喂高蛋白饵料和低蛋白饵料。R1,R3,R5,R7 组每 1 d,3 d,5 d,7 d 轮换饵料。H 组,L 组和 M 组每天分别投喂高蛋白、低蛋白和中蛋白饵料。开始实验前,克氏原螯虾禁食静养 2 d。实验模拟实际养殖的情况,采取灵活投喂的方式,每天的投喂量根据前一天的摄食量来决定,并保证每日饵料有剩余。次日 9 时 30 分,记录每组的存活量、食饵量和蜕壳情况,然后捞出残饵换水,再投喂饵料。

实验开始前每尾虾称重,饲养 30 d 后,称取各组每只虾的终末体质量,计算体质量增长量。

统计各组虾 30 d 内的摄食种类和每天的摄食量,先组内比较,再将各轮转组高、低蛋白饵料的摄食量分别与 H 组、L 组的相同时间段的摄食量进行比较,以探究螯虾对高、低两种蛋白饵料摄食量的轮转效应。各轮转组 30 d 内的平均每天摄食量与 M 组平均每天摄食量进行比较,以探究螯虾在相同蛋白含量饵料下的轮转效应。

1.2.2 饵料系数分析

$$\text{饵料系数} = F / (W_t - W_0).$$

式中: F 为总摄食量(g); W_t 、 W_0 分别为实验结束和开始时的平均体质量(g)。

1.2.3 数据处理与分析

实验数据以(平均差±标准差)的形式表示。利用 Excel 软件对数据进行双样本方差分析,然后根据 P 值进行 t 检验。双尾检验 $P > 0.05$ 两样本差异不显著, $0.01 < P < 0.05$ 两样本差异显著, $P < 0.01$ 两样本差异极显著。

2 结果与分析

2.1 各组克氏原螯虾体质量的增长

表 1 为各组克氏原螯虾体质量增长量及其显著性比较,双尾检验结果表明,R5 组克氏原螯虾体质量增长最快,显著大于 H 组的体质量增长($0.01 < P < 0.05$),其他各组的体质量增长在双尾检验上无显著性差异($P > 0.05$).

表 1 各组平均初始体质量(W)、增长量(ΔW)及其显著性检验
Table 1 Average initial weight(w), growth(Δw) and significance test of tech group g

组别	R1	R3	R5	R7	H	L	M
W	6.60±1.86	6.71±1.75	6.68±1.99	6.84±2.00	6.39±2.00	6.33±1.60	6.66±1.96
ΔW	0.82±1.05	1.42±1.70	1.60±1.48	1.14±1.31	0.75±0.82	1.24±1.40	1.38±1.25
R1	—	0.207	0.062	0.393	0.821	0.294	0.134
R3		—	0.730	0.578	0.143	0.720	0.932
R5			—	0.310	0.032 *	0.433	0.614
R7				—	0.265	0.831	0.567
H					—	0.491	0.162
L						—	0.427

注 * 表示差异显著($0.01 < P < 0.05$)余同.

2.2 各组克氏原螯虾的摄食量比较

各轮转组与对照组对应时间段克氏原螯虾的平均摄食量与双尾显著性检验结果见表 2、表 3、表 4. 对照组之间克氏原螯虾的平均摄食量与显著性检验见表 5. 轮转组之间平均摄食量显著性比较结果见表 6. 表 2、表 3 分别表明各轮转组摄食量与 H 组、L 组无显著性差异. 表 4 的检验结果表明,各轮转组的摄食量极显著小于 M 组($P < 0.01$). 表 5 表明 L 组 30 d 内平均摄食量极显著小于 M 组($P < 0.01$). 轮转各组的摄食量无显著性差异. 结果表明 M 组的摄食量最大.

表 2 各轮转组高蛋白摄食量与 H 组相同的时间段的显著性检验
Table 2 The high protein intake and significance test of the same time period in group H and rotation group mg

组别	R1 组	R3 组	R5 组	R7 组
轮转组	63.9±53.1	45.4±32.4	47.1±24.6	52.0±65.8
H 组	62.0±47.9	69.6±52.7	70.8±50.9	76.3±56.1
P 值	0.899	0.095	0.071	0.086

表 3 各轮转组低蛋白摄食量与 L 组相同的时间段的显著性检验
Table 3 The low protein intake and significance test of the same time period in group L and rotation group mg

组别	R1 组	R3 组	R5 组	R7 组
轮转组	43.6±28.4	59.1±44.3	66.0±52.3	52.0±32.5
L 组	49.0±34.8	52.1±37.2	52.5±41.4	44.7±38.4
P 值	0.593	0.600	0.372	0.521

表 4 各轮转组与 M 组 30 d 内平均摄食量与显著性检验
Table 4 Average food intake and significance test of each rotation group and M group within 30 ds mg

组别	R1 组	R3 组	R5 组	R7 组
轮转组	53.8±9.1	52.2±37.1	56.6±36.4	53.6±24.4
M 组	91.2±41.1	91.2±41.1	91.2±41.1	91.2±41.1
P 值	0.005 **	0.004 **	0.008 **	0.001 **

注: ** 表示差异极显著($P < 0.01$)余同.

表 5 各对照组 30 d 内平均摄食量与显著性检验
Table 5 Average food intake and significance test of each control within 30 ds mg

组别	H 组	L 组	M 组
摄食量	67.2±49.7	49.2±35.6	91.2±41.1
H 组(P 值)	—	0.195	0.105
L 组(P 值)	—	—	0.001 **

表 6 各轮转组 30 d 内的平均摄食量显著性检验
Table 6 Average food intake and significance test of each rotation group within 30 ds mg

组别	R1 组	R3 组	R5 组	R7 组
R1 组	—	0.902	0.816	0.786
R3 组	—	—	0.718	0.983
R5 组	—	—	—	0.646

2.3 饵料系数分析

各组克氏原螯虾的饵料系数和双尾检验结果见表 7 和表 8. 表 7 和表 8 表明 R3 组的饵料系数为 1.91,比其他组都低,显著小于 R1 组($P<0.05$),极显著小于 H 的饵料系数($P<0.01$). R5 组的饵料系数显著小于 R1 组($P<0.05$),其他各组饵料系数无显著性差异. 轮转的周期过短或过长都增加了饵料系数,其原因可能是克氏原螯虾难以适应不合理的投喂方式,浪费了饵料.

表 7 各组螯虾的饵料系数
Table 7 Feed coefficient of crayfish in each group

组别	R1	R3	R5	R7	H	L	M
平均饵料系数	5.3±5.43	1.91±1.14	2.38±3.10	3.93±9.57	4.12±2.86	2.54±2.97	4.09±4.05

表 8 各组螯虾饵料系数的显著性双尾检验
Table 8 significant two-tailed test for feed coefficient of crayfish in each group

组别	R1	R3	R5	R7	H	L	M
R1	—	0.014 *	0.045 *	0.583	0.399	0.056	0.448
R3		—	0.546	0.377	0.003 **	0.387	0.050
R5			—	0.493	0.072	0.870	0.166
R7				—	0.933	0.536	0.946
H					—	0.094	0.980
L						—	0.202
M							—

3 讨论

3.1 克氏原螯虾体质量增长效果分析

各组克氏原螯虾的体质量增长量由高至低依次为,R5 组>R3 组>M 组>L 组>R7 组>R1 组>H 组. 轮转组中每 5 d 轮换饵料的 R5 组体质量增长量最大,H 组的体质量增长量最小. 李强研究克氏原螯虾适宜蛋白质时发现,饵料中蛋白质含量高于 37.95%时,克氏原螯虾肠道和肝胰脏的蛋白酶活性随饵料蛋白质含量的增加而降低. 因此饵料中过高的蛋白质含量会导致蛋白质过剩,对克氏原螯虾的生长不利^[9]. 显著性检验结果表明,R5 组克氏原螯虾的体质量增长量在单尾检验上显著大于 R1 组,原因是轮转周期过短,频繁更换饵料会使克氏原螯虾体内的各种消化酶来不及做出调整,克氏原螯虾无法充分消化饵料. 庞璐^[10]等给克氏原螯虾投喂用芦苇、粳米和鱼肉,研究了其纤维素酶、淀粉酶和蛋白质酶活性的变化,发现投喂 3 种饵料的克氏原螯虾体内相应消化酶的活性先降低后升高;食物诱导了相应酶的活性升高,但是相应酶在 3 d 后才升高. 因此轮转的周期过短也不利于克氏原螯虾的生长. 虽然 R7 组的体质量增长与 R5 组没有显著性差异,但是 R7 组的体质量增长量低于 R5 组. 轮转周期过长将会使蛋白质过剩和蛋白质缺乏的情况交替出现,也不利于螯虾的生长. L 组的克氏原螯虾长期使用低蛋白饵料,可能会导致蛋白质缺乏,难以满足克氏原螯虾对营养的需求. 程东海等人实验表明饵料蛋白含量为 28%, (6.9 ± 1.5) g 的克氏原螯虾生长最好^[11]. 低蛋白水平下,虾用于生长和和能量的补给不足,因此出现生长受挫^[9]. R5 组的体质量增长显著大于 H 组,其他各组的生长量与 H 组无显著性差异,因此 R5 组增长最快.

3.2 克氏原螯虾摄食量的差异

各组克氏原螯虾的摄食量由高至低依次为,M 组>H 组>R5 组>R7 组>R3 组>L 组. M 组克氏原螯虾的摄食量极显著大于 L 组,原因是未成熟的克氏原螯虾趋向于杂食性和肉食性^[12],而 L 组的蛋白质含量很低,难以满足克氏原螯虾的口味需求. 轮转各组总体平均蛋白含量虽然与 M 组相当,但是轮转组是轮转投喂高蛋白饵料和低蛋白饵料,与 M 组的中蛋白饵料口感有差异. 这说明 M 组的饵料可口性(palatability)最好. H 组的摄食量较高,可能是高蛋白饵料的适口性较好. M 组的摄食量极显著大于轮转各组的摄食量,除了口感差异还可能是不停轮转饵料让克氏原螯虾难以适应. 各轮转组之间摄食量无显著性差异,说明轮转并不能显著促进虾的摄食欲,这与董超等人的结果,轮转能够促进摄食不同^[8]. 造成这一结果的原因可能是本实验投喂的都是仅蛋白量不同的同种颗粒饵料,不同蛋白量的颗粒饵料口感差别小. 而董超等投喂的是鱼肉丸和饵料团,鱼肉丸与饵料团口感差异较大,会使克氏原螯虾出现不同的偏

好,从而出现摄食量差异.

3.3 克氏原螯虾的饵料系数

各组克氏原螯虾的饵料系数由低至高依次为,R3组<R5组<L组<R7组<M组<H组<R1组. R3组的饵料系数显著小于R1组,极显著小于H组的饵料系数. R1组轮转过于频繁,克氏原螯虾无法很好地吸收饵料的营养成分,导致饵料系数过高. H组长期的高蛋白投喂可能会使克氏原螯虾产生蛋白质过剩的情况,对虾的生长不利,饵料系数过高. M组克氏原螯虾摄食量大,饵料系数较高,养殖成本高. R3组的饵料系数最低,养殖成本低,能以投喂较少饵料有效增加克氏原螯虾的体质量. R5组的饵料系数与R3组无显著性差异,因此每5d轮换饵料的R5组也能投喂较少饵料,有效增加克氏原螯虾的体质量. L组饵料系数较低,低蛋白饵料的成本最低,因此L组投喂方式能有效降低饵料成本.

本实验发现M组摄食量最多,每5d轮换饵料的R5组增长最快,每3d轮换饵料的R3组饵料系数最低. M组摄食量虽然多,但是克氏原螯虾体质量增长量不高,饵料系数较高,说明中蛋白饵料虽然适口性好,但是不利于克氏原螯虾的生长,养殖成本高. L组的摄食量最少,但是L组的饵料成本低且体质量增长并不是最低,综合成本与增长两方面考虑,L组的投喂方式远好于H组. 从生理角度考虑,每5d轮换饵料能最大限度地促进克氏原螯虾的生长. 从经济角度考虑,每3d轮换饵料养殖成本最低. R5组和R3组克氏原螯虾的体质量增长量和饵料系数无显著性差异,所以从生理和经济两方面考虑,不能判断每5d轮换饵料还是每3d轮换饵料更好,还需要进一步的实验证明.

[参考文献]

- [1] 殷悦. 克氏原螯虾不同养殖模式的特点和养殖方法[D]. 南京:南京农业大学,2010.
- [2] HERMAN H J, ROBERT P R. Effects of density reduction and supplemental feeding on stunted crayfish *Procambarus clarkii* populations in earthen ponds[J]. World aquaculture society, 1995(1):29-37.
- [3] JOVER M, FERNANDEZ-CARMONA J, DEL RIO M C, et al. Effects of feeding cooked-extruded diets, containing different levels of protein, lipid and carbohydrate on growth of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) [J]. Aquaculture, 1999, 178(1/2):127-137.
- [4] XU W N, LIU W B, SHEN M F, et al. Effect of different dietary protein and lipid levels on growth performance, body composition of juvenile red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) [J]. Aquaculture international, 2013, 21(3):687-697.
- [5] AUCKLAND J N, MORRIS T R, JENNINGS R C. Compensatory growth after under nutrition in market turkeys[J]. British Poultry Sci, 1969, 10:293-302.
- [6] VERLE R B. Compensatory growth of beef cattle; the effect of hay maturity[J]. J Anim Sci, 1955, 14:249-255.
- [7] 何金星, 周雪瑞, 唐建清, 等. 多重周期饥饿后克氏原螯虾的补偿生长及生理指标变化[J]. 安徽农业科学, 2009(34):16890-16893.
- [8] 董超, 郑友, 黄成. 配合饵料和鱼肉“间隔—轮转”投喂对克氏原螯虾生长的影响[J]. 水产科学, 2016(1):72-76.
- [9] 李强. 克氏原螯虾对饵料中蛋白质与磷适宜需求量的研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2012.
- [10] 庞璐, 何金星, 唐建清. 不同饵料对克氏原螯虾消化酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2009(2):212-214.
- [11] 徐增洪, 周鑫, 水燕. 克氏原螯虾的食物选择性及其摄食节律[J]. 大连海洋大学学报, 2012, 27(2):166-170.
- [12] 程东海, 颜志刚. 饵料蛋白水平和动物蛋白源对克氏原螯虾存活和生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(22):11311-11313.

[责任编辑:黄 敏]