

克氏原螯虾家系建立及幼虾生长比较的初步研究

李 飞¹, 李喜莲¹, 贾永义¹, 顾志敏^{1*}, 黄鲜明¹, 朱俊杰¹, 杨元杰¹, 刘金殿¹, 章文敏²
(1. 浙江省淡水水产研究所, 湖州 313001; 2. 安吉县水产技术推广站, 安吉 313300)

摘 要: 以克氏原螯虾太湖群体为基础群体, 采用 1 雄对 5 雌进行定向交配, 研究克氏原螯虾家系建立技术。共配 48 组, 获得 105 尾抱卵虾, 抱卵率(30 d)为 44.2%, 单个配组最高抱卵率为 100%, 孵化率为 72.74%, 幼虾培育成活率为 96.25%±2.58%, 建立了 77 个全同胞家系, 其中父系半同胞家系有 66 个。以构建的家系为基础, 进行雌雄亲本体长、体重和头胸甲长与幼虾数的相关性分析, 分析虾苗 2 月龄养殖成活率与放养密度的相关性, 选取 23 个家系在温室内进行标准化养殖和幼虾生长情况的分析和比较。结果表明, 雌雄亲本的体长、体重和头胸甲长与幼虾数的相关性不显著; 2 月龄养殖成活率与放养密度呈负相关, 但相关性不显著; 温室内幼虾培育成活率为 39%±8%, 多数家系间幼虾生长性状差异不显著, 家系内的体长变异系数较体重变异系数小。本研究积累了克氏原螯虾家系构建的相关技术, 为进行克氏原螯虾家系选育奠定了基础。

关键词: 克氏原螯虾; 家系建立; 生长比较

中图分类号: S966.12

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2014)01-0038-06

Preliminary study on family construction and larvae growth of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*

LI Fei¹, LI Xilian¹, JIA Yongyi¹, GU Zhimin¹, HUANG Xianming¹,
ZHU Junjie¹, YANG Yuanjie¹, LIU Jindian¹, ZHANG Wenmin²

(1. Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001; 2. Anji Aquacultural Technical Extension Station, Anji 313300)

Abstract: Based on the basic population of red swamp crayfish in Taihu Lake, the family construction technology of red swamp crayfish was studied with directional mating in male/female ratio of 1 to 5. As a result of the mated 48 groups, 105 berried crayfishes were obtained; the berried rate(in 30 days) was 44.2%, and the highest berried rate of one single group was 100%; the hatching rate was 72.74%, and the survival rate of larvae breeding was 96.25%±2.58%; 77 full-sib families were constructed, among which, 66 families were paternal half-sib families. Based on the constructed families, the correlations between the number of hatched larvae and the body length, body weight and carapace length of male and female parent crayfish were analyzed, and the correlation between two-month survival rate and the stocking density was calculated. Larvae growth of 23 families in the glasshouse were studied and compared. The results indicated that the correlations between the number of larvae and the body length, body weight and carapace length of parent crayfish were not significant, and the two-month survival rate was negatively related to the stocking density, however, the correlation was not significant; the survival rate of cultivating larvae in the glasshouse was 39%±8%, and the larvae growth differences of most families were not significant; the coefficient of variation of body length in a family was smaller than that of body weight. This study obtained related technologies for family construction of red swamp crayfish, and provided a foundation for family selection in red swamp crayfish.

Key words: red swamp crayfish; family construction; comparison of growth

克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*), 俗名淡水小龙虾, 隶属于节肢动物门、甲壳纲、十足目、螯蛄科、原螯虾属。原产于北美洲, 自 20 世纪 30 年代传入我国后, 现已广泛分布于我国, 并形成了可供

收稿日期: 2012-11-16

基金项目: 农业部公益性行业(农业)专项(201003070)资助。

作者简介: 李 飞, 助理研究员。

* 通信作者: 顾志敏, 研究员。E-mail: guzhimin2006@163.com

利用的天然种群,特别是在长江中、下游地区生物种群量较大,已成为我国一种重要的淡水虾类资源^[1],也是长江中下游各省出口创汇的一个主导产品,深受国内外市场的欢迎。据 2011 年渔业统计年鉴记载,2010 年全国克氏原螯虾养殖总面积约 500 万亩,产量总计达 563281 t^[2],然而,目前人工养殖所需的苗种大多是从天然水域捕捞或是依靠上一年养殖的留塘虾进行自繁自育和累代繁育,缺乏系统的良种保持和选育技术体系。因此,对克氏原螯虾进行遗传改良,选育出具有生长快速等优良生长性状的新品系,成为其产业发展的亟待需求。

家系选育是选择育种的方法之一,水产养殖动物的家系选育由于其养殖特点和繁殖生物学特性而有较大困难,其中鱼类的家系选育进展最好,已取得很大的成果^[2],而甲壳类水产动物的家系选育由于整个生长过程伴随有蜕壳等生物学特性而发展较为缓慢。现已有不少关于家系构建方法及生长比较的研究,如张天时等对中国对虾家系建立及不同家系生长发育进行了初步研究^[3];张吕平等对凡纳滨对虾全同胞家系的建立及生长比较进行了研究^[4];杨国梁等研究了罗氏沼虾大规模家系构建及培育技术^[5];杨其彬等研究了斑节对虾 4 个不同群体建立家系的生长及存活^[6];相建海等研究并申请了养殖对虾家系的建立和良种选育方法的专利^[2],也有学者通过构建家系,利用家系进行遗传力估计和构建遗传连锁图谱^[7-9],但将家系选育运用于甲壳类的良种选育尚处于起步阶段。

由此可见,进行一个物种的家系选育首先要解决该物种家系构建的技术,而物种不同相应的构建方法也会存在差异,关于克氏原螯虾家系建立和选育的研究尚未见文献报道,同时家系也是进行遗传分析的重要材料,对于深入分析不同亲本的遗传背景和构建遗传连锁图谱十分重要。为此,本试验开展了克氏原螯虾家系建立及早期生长比较的研究,以期对克氏原螯虾大规模家系选育奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 亲虾来源

试验在浙江省淡水水产研究所夹山漾基地进行,采用太湖地区群体作为克氏原螯虾基础群体,从安吉养殖户购得,选择个体较大、附肢完整、活力较强的虾作为亲本。

1.2 家系建立及生长比较

1.2.1 配组及亲本培育 于 2011 年 9 月 5 日至 9 月 18 日运用定向交尾法^[10]进行配组,具体的方法

为在白色长方形塑料桶(容积为 500 L,规格为 59 cm×109 cm×62 cm)中放雌虾 5 尾,雄虾 1 尾,自然交配,桶内放 5~6 块弧形瓦片作为虾巢,水深约 20 cm,水温 20~25℃,不间断充气,投喂罗氏沼虾中虾料和带鱼块进行强化培育,每隔 1 d 吸污 1 次,定期进行水流刺激。

1.2.2 抱卵虾挑选和孵化 配组完成后,每隔 10 d 检查一次雌虾抱卵情况,发现抱卵虾后,将抱卵虾挑出,在 45 L 圆形桶中进行培养,每桶放一个弧形瓦片,水深约 30 cm,不间断充气,水温保持在 20~24℃。

1.2.3 幼虾培育 当孵化桶(45 L 小桶)中有部分幼虾离开母体时,将抱卵雌虾、小虾和瓦片一并转至 500 L 方桶(桶内放瓦片作为虾巢,水深约 20 cm),2~3 d 后,待小虾自动离开母体时,对小虾进行计数,对母本进行测量,并将准备好的网片放入大桶,以供小虾躲避和攀爬。幼虾培育的饵料以罗氏沼虾粉状料添少许螺旋藻粉、蜕壳素等配制而成。幼虾培育期间每隔 2 d 吸污 1 次,同时定期补充新水。

1.2.4 幼虾的生长比较 经 60 d 的幼虾培育后,对各家系的虾进行标准化养殖和生长对比试验,主要处理为选取亲本明确、幼虾尾数多于 200 个、孵出时间相近的家系用于生长比较的试验,试验在温室 500 L 大桶内进行,水深 50 cm,水温 25℃,放养密度为 150 尾/桶,桶内放瓦片作为虾巢,每天投喂罗氏沼虾中虾料,搭配少量螺蛳肉和带鱼等,不间断充气,每隔 2 d 吸污 1 次,并适时增添新水。将虾养至约 5.5 月龄(2012 年 4 月),对克氏原螯虾的生长性状进行测量和比较,每个家系随机取 30 尾虾,测量指标为体重、体长。

1.3 数据分析

用 Excel 和 SAS8.0 统计分析软件进行数据处理,运用简单相关和多元偏相关分析进行指标间的相关性分析,采用 ANOVA 进行方差分析并通过 Duncan 法进行多重比较检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 克氏原螯虾家系构建的基本情况

本实验共配组 48 个,亲本培育成活率约 85%。于 9 月 28 日至 10 月 28 日,共进行了 5 次抱卵虾检查(9 月 28 日、10 月 8 日、10 月 13 日、10 月 18 日、10 月 28 日),获得 105 尾抱卵虾,其中属于父系半同胞家系的为 92 尾。平均抱卵率(30 d)为 44.2%,平均每个配组产生 2.18 尾抱卵虾,单个配

组最高抱卵率为 100%，表明 1 尾雄虾在 1 个月内能够为 5 尾雌虾进行自然受精。在水温 20~25℃ 的条件下，抱卵虾经 17~30 d 孵化出苗，共有 77 尾

抱卵虾成功孵化出虾苗，孵化成功率为 72.74%。经 30 d 培育，幼体规格达 1.8 cm，幼虾培育成活率为 96.25%±2.58% (n=8)。

表 1 家系构建基本情况

Table 1 The basic information of the families

家系编号 Number of family	幼体数/尾 Number of larvae(tail)	雄虾体重/g Weight of male red swamp crayfish	雄虾体长/cm Length of male red swamp crayfish	雌虾体重/g Weight of female red swamp crayfish	雌虾体长/cm Length of female red swamp crayfish
1	185	18.18	7.3	19.64	7.6
2	375	31.03	8.3	17.14	7.9
3	233	—	—	18.37	7.9
4	285	31.10	8.4	30.71	8.7
5	260	23.85	8.1	17.44	7.9
6	230	21.86	7.5	21.65	7.8
7	300	40.63	8.6	35.74	9.5
8	232	24.07	7.7	23.74	7.9
9	573	27.92	8.5	32.32	9
10	519	19.78	7.6	28.77	9
11	228	34.32	7.7	14.28	7.2
12	227	34.32	7.7	17.94	7.5
13	229	40.63	8.6	28.99	8.5
14	377	26.46	8.2	24.43	8.0
15	357	23.85	8.1	23.07	8.0
16	353	31.10	8.4	25.49	8.5
17	342	28.01	8.2	22.03	8.5
18	467	—	—	39.16	9.4
19	441	41.63	10.6	28.03	9.2
20	98	23.86	8.0	27.68	8.4
21	267	35.31	8.9	22.39	8.1
22	257	27.47	8.2	30.12	8.8
23	380	31.56	8.8	34.03	9.0
24	460	38.00	9.1	22.3	7.9
25	116	26.46	8.2	—	—
26	447	27.47	8.2	27.59	8.7
27	213	35.51	9.4	21.11	7.9
28	265	40.63	8.6	21.57	7.5
29	681	28.01	8.2	34.57	9.2
30	307	25.53	8.2	24.77	8.2
31	471	27.80	8.5	24.4	8.2
32	208	28.59	8.5	18.17	7.2
33	311	32.15	9.1	25.04	8.3
34	278	27.41	8.6	16.79	7.0
35	228	28.01	8.2	20.28	7.9
36	442	32.15	9.1	23.6	8.1
37	244	34.49	9.4	28.5	8.3
38	367	31.03	8.3	24.27	8.9
39	548	—	—	32.2	9.0
40	128	27.03	8.0	26.44	8.5
41	456	—	—	27.76	8.9
42	451	35.51	9.4	24.5	7.9
43	195	35.51	9.4	30.1	8.4
44	392	20.65	7.4	24.56	7.7
45	286	32.69	9.1	22.79	7.9

续表 1 Continued table 1

46	437	27.41	8.6	23.86	7.9
47	96	34.49	9.4	24.68	8.2
48	307	34.49	9.4	23.25	7.8
49	366	—	—	19.32	7.9
50	190	28.59	8.5	25.31	8.4
51	115	41.63	10.6	19.96	7.5
52	28	20.65	7.4	22.82	7.6
53	233	18.18	7.3	20.14	7.4
54	104	35.31	8.9	16.20	7.2
55	116	32.11	9.0	36.81	9.1
56	208	27.41	8.6	33.45	8.8
57	330	51.85	10.1	21.59	7.9
58	67	—	—	18.39	7.4
59	79	26.46	8.2	19.69	7.4
60	120	38.00	9.1	24.36	8.0
61	409	19.78	7.6	21.82	7.6
62	437	24.07	7.7	28.97	8.9
63	197	—	—	25.02	8.2
64	504	20.65	7.4	27.13	8.3
65	114	35.07	8.9	32.90	9.7
66	528	38.00	9.1	21.18	7.9
67	316	30.18	8.8	28.21	8.7
68	394	18.18	7.3	21.73	8.3
69	505	47.42	10.0	39.78	9.5
70	169	27.03	8.0	20.46	8.2
71	386	32.15	9.1	22.1	8.4
72	38	23.85	8.1	27.90	8.5
73	199	51.85	10.1	18.20	7.4
74	301	38.34	9.2	25.01	8.4
75	341	34.49	9.4	32.43	9.2
76	565	32.69	9.1	33.46	8.3
77	294	26.46	8.2	28.69	8.37
平均值 Average	304.56±140.66	30.69±7.37	8.56±0.77	25.12±5.60	8.24±0.62

注：“—”表示数据缺失。Note: “—” means the data were missed.

2.2 幼体数与雌、雄虾体重、体长等指标相关分析

对每个家系的孵化幼虾数进行统计, 可知单个雌虾孵化出小虾数的平均值为 304.56 尾±140.66 尾 ($n=77$), 在本实验中孵化出幼虾数最多的为 681 尾 (幼虾数及雌雄虾指标具体情况见表 1)。经对幼虾数与雌、雄虾体重、体长等指标进行多元偏相关分析表明, 克氏原螯虾幼虾数与雌虾的体重、体长、头胸甲长的 Pearson 偏相关系数分别为 -0.0578 ($P=0.6246$)、0.1219 ($P=0.3008$) 及 0.1387 ($P=0.2387$); 与雄虾体重、体长、头胸甲长的 Pearson 偏相关系数分别为 -0.04366 ($P=0.7257$)、0.0844 ($P=0.4972$) 及 -0.0692 ($P=0.5777$)。P 值均大于 0.05, 表明幼虾数与雌、雄虾体重、体长等指标的相关性不显著, 可能与亲本培育质量、性腺指数、孵化率等其他指标相关性较大。

2.3 放养密度与 2 月龄成活率之间的相关分析

养殖初期 (2 个月), 不同家系的幼虾放养密度是不同的 (见表 1), 对其中 54 个家系的放养密度与 2 月龄培育成活率进行统计分析, 得出 2 月龄幼虾培育成活率为 $82.63\% \pm 10.76\%$ ($n=54$), 对培育密度 (尾·桶⁻¹) 与虾苗培育 (2 月龄) 成活率之间进行简单相关分析, 分析得出两者之间 Pearson 相关系数为 -0.094 ($P=0.4987$), 表明两者呈负相关, 但在本试验育苗时的密度内 (≤ 681 尾·桶⁻¹) 两者相关性不显著。

2.4 家系间幼虾生长比较结果

本实验选择 23 个全同胞家系 (其中半同胞家系 15 个), 在温室内进行幼虾养殖, 养殖的成活率为 $39\% \pm 8\%$, 各家系间养殖成活率的变异系数为 20.51%, 其中家系 37 养殖成活率最高 (51.33%),

家系 36 养殖成活率最低 (23.33%)。不同家系幼虾生长比较结果具体见表 2。

表 2 中体长多重比较表明, 生长最快的 3 个家系是家系 36、家系 15 和家系 8, 生长最慢的 3 个家系是家系 37、家系 38 和家系 17。体重多重比较表明, 生长最快的 3 个家系是家系 36、家系 13 和家系 15, 生长最慢的 3 个家系是家系 37、家系 38 和家系 17。多数家系幼虾生长差异不明显, 但生长最

快与生长最慢的家系之间生长差异明显。

对各家系内体长的差异系数和体重的差异系数进行分析, 结果表明, 家系内体长差异系数较小, 而体重差异系数较大。对比不同家系间的差异系数可知, 体长变异系数最小的家系是家系 32, 为 18.05%, 最大的是家系 1, 为 34.46%; 体重变异系数最小的家系是家系 32, 为 75.70%, 最大的是家系 17, 为 189.66%。

表 2 不同家系幼虾的生长对比

Table 2 Growth comparison of larvae crayfish from different families

家系编号 Number of family	测定尾数 Number	体长/cm Body length		体重/g Body weight		成活率/% Survival rate
		平均值±标准差 Average±SD	差异系数/% Coefficient of difference	平均值±标准差 Average±SD	差异系数/% Coefficient of variation	
1	30	3.83±1.32 ^{cdef}	34.46	2.75±4.57 ^{ab}	166.18	49.33
2	30	4.22±1.09 ^{abcde}	25.83	2.97±3.03 ^{ab}	102.02	46.00
4	30	3.80±1.20 ^{def}	31.58	2.41±3.48 ^{ab}	144.40	40.67
5	30	4.06±1.04 ^{bcdef}	25.62	2.72±3.11 ^{ab}	114.34	42.00
7	30	4.44±0.97 ^{abc}	21.85	3.31±3.38 ^{ab}	102.11	28.67
8	30	4.57±0.88 ^{ab}	19.27	3.48±2.67 ^{ab}	76.72	32.00
13	30	4.29±1.44 ^{abcde}	33.57	4.03±6.98 ^{ab}	173.20	34.00
14	30	4.16±1.03 ^{bcde}	24.76	2.89±3.23 ^{ab}	111.76	42.00
15	30	4.58±1.35 ^{ab}	29.48	4.00±5.47 ^{ab}	136.75	31.33
16	30	3.92±1.18 ^{bcdef}	30.10	2.69±4.15 ^{ab}	154.28	36.00
17	30	3.70±0.90 ^{ef}	24.32	2.32±4.40 ^{ab}	189.66	43.33
22	30	4.00±1.17 ^{bcdef}	29.25	2.57±3.09 ^{ab}	120.23	49.33
24	30	4.41±1.03 ^{abcd}	23.36	3.49±3.14 ^{ab}	89.97	40.00
26	30	3.74±1.11 ^{def}	29.68	2.48±3.93 ^{ab}	158.47	39.33
27	30	3.92±0.98 ^{bcdef}	25.00	2.64±4.68 ^{ab}	177.27	36.00
28	30	4.27±1.03 ^{abcde}	24.12	3.17±3.76 ^{ab}	118.61	31.33
32	30	4.21±0.76 ^{abcde}	18.05	2.84±2.15 ^{ab}	75.70	32.67
33	30	3.94±1.02 ^{bcdef}	25.89	2.52±3.09 ^{ab}	122.62	43.33
34	30	3.98±0.94 ^{bcdef}	23.62	2.47±2.22 ^{ab}	89.88	50.67
36	30	4.83±1.24 ^a	25.67	4.45±4.07 ^a	91.46	23.33
37	30	3.47±0.94 ^f	27.09	1.65±1.47 ^b	89.09	51.33
38	30	3.69±0.94 ^{ef}	25.47	1.85±1.94 ^b	104.86	46.00
42	30	3.99±1.13 ^{bcdef}	28.32	3.12±5.62 ^{ab}	180.13	34.67

注: 同一列的上标无相同字母代表差异显著 ($P=0.05$)。

Note: If there were no the same letter in the column, the difference would be significant ($P=0.05$).

将各家系分别按体重、体长和成活率进行降序排列, 发现家系 2 和家系 14, 在 3 种排列方式中均排在前 10, 由此初步判断这 2 个家系的幼虾生长性状较好。

3 讨论

3.1 家系构建与亲本配组的时间

家系构建是进行家系选育的基础, 本试验用 1 雄对 5 雌方式进行定向交尾, 构建了 77 个全同胞家系, 其中父系半同胞家系 66 个, 在国内外首次进行

了克氏原螯虾的家系构建, 由此证明通过定向交尾进行家系构建在克氏原螯虾上是可行的。

亲本选择与家系构建的时间对于克氏原螯虾的家系构建来说是一个至关重要的因素。克氏原螯虾属于隔年性成熟, 当年 9 月离开母体的幼虾到第 2 年的 7 或 8 月可性成熟产卵, 到 8 月-9 月便是其交配繁殖的旺季, 繁殖的方式是自然交配、自然产卵和孵化^[1], 而从外观上无法准确地判断未抱卵的虾交配与否。由于构建家系和进行家系选育要求所培育的后代亲本明确, 因此需避免亲本在配组之前交

配, 所以应尽早(7月中上旬或者更早)收购或回捕亲本, 然后将雌雄分开进行暂养和亲本培育。另外, 较晚收购亲本还易存在亲虾体质较弱、构建家系时亲本大量死亡等现象。经过1~2个月的雌雄分养和亲本强化培育后, 亲本性腺发育的成熟度和同步性均可大大提高, 此时(9月初)即可开始亲本挑选和配组, 进行家系构建。

3.2 抱卵虾孵化

由于构建家系和进行家系选育要求所培育的后代亲本明确, 因此配组后产生的抱卵虾需单个进行孵化, 且要为所繁殖出的虾苗建立好家系档案, 记录好各家系相关生物学数据, 只有这样才能为家系选育提供更多的依据。由于克氏原螯虾所抱的卵在温度比较低(20℃以下)的情况下容易产生水霉, 导致卵变坏不能孵出, 有的甚至整尾虾所抱的卵全部坏掉, 导致该家系的孵化率大大降低, 甚至构建失败, 因此要保证孵化时的温度。本试验通过空气加温的方式将抱卵虾孵化时的温度控制在20~25℃, 同时不间断充气, 很大程度地提高了孵化成功率。但由于本实验方法进行孵化时抱卵虾养殖在开放式的小桶中, 抱卵虾易通过散气石和导气管逃至隔壁的桶或逃至桶外, 因此需注意抱卵虾的防逃工作, 以防所构建的家系混淆。

3.3 家系选育及个体标记技术

家系是培育优良品系的重要育种材料, 通过家系选育不仅能有效消除近亲衰退, 而且可以获得不断改进的遗传基础, 同时也是进行遗传性状分析和构建遗传连锁图谱等的重要试验材料^[4,9,11-12]。进行家系选育需要利用定向交配构建全同胞或半同胞家系, 然后将各家系个体采用不同的标记予以区分, 再进行同塘混养, 待养至收获季节对各家系个体的生长性状进行测定, 然后对各家系和个体的育种值进行估计, 从中选择育种值较高的家系和个体, 并对育种值较高的个体予以标记, 再根据个体的育种值和亲缘关系等制定新一轮的交配方案, 为下一代的家系选育确定优良的亲本, 由此可以持续地进行家系选育, 使得后代的性状不断地获得提高。本文在成功构建家系的基础上, 对幼虾的生长情况进行了初步研究, 比较了不同家系间体长、体重和成活率等生长性状的差异, 根据这些生长性状的差异初步判断出了较为优良的家系。

然而, 进行家系选育需要对各家系的成虾进行比较和选择, 而成虾养殖则需要对每个家系的虾进行标记, 通过标记来区分不同家系, 然后再进行同

塘养殖。进行同塘养殖可以大大减少环境因素对家系生长性状造成的影响, 使得家系生长的差异基本是由于其遗传基础不同所导致, 这样对于家系选育来说更为有意义。由此可见, 成虾生长性状比较和选育的关键是个体标记技术和同塘养殖技术。水产动物个体标记的方法主要有外标和内标两种方式, 每种标记方式中又有不同的具体方法。外标法主要包括鼻签、剪鳍、剪眼柄、挂牌、烙印等, 具有简便易行、成本较低等优点, 但标记的保留率相对较低; 内标法有染料标记、放射性同位素标记、荧光色素标记和PIT标记等, 内标法的标记保留率较高, 但成本也较高^[13-14]。本课题组于2012年4月对温室内各家系虾进行了荧光标记, 采取两针注射, 通过排列组合的方式选择每个家系需要注射的颜色, 很好的区分了不同家系, 标记后的成活率接近100%, 然而同塘养殖技术尚未成功, 无法判断荧光标记的好坏, 因此, 下一步需对个体标记技术和同塘养殖技术进行更深入的摸索, 以实现更为准确的克氏原螯虾家系生长性状对比、遗传力估计和家系选育。

参考文献:

- [1] 梁宗林, 孙骥, 陈世海. 淡水小龙虾(克氏原螯虾)健康养殖实用新技术[M]. 北京: 海洋出版社, 2008.
- [2] 农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [3] 相建海, 吴长功, 刘小林, 等. 养殖对虾家系的建立和良种选育方法[P]. 中国, 03111110. 2004-06.
- [4] 张天时, 孔杰, 刘萍, 等. 中国对虾家系建立及不同家系生长发育的初步研究[J]. 海洋学报, 2007, 29(3): 120-124.
- [5] 张吕平, 吴立峰, 沈琪, 等. 凡纳滨对虾全同胞家系的建立及生长比较[J]. 水产学报, 2009, 33(6): 932-939.
- [6] 杨国梁, 王军毅, 孔杰, 等. 罗氏沼虾大规模家系构建与培育技术研究[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(3): 62-66.
- [7] 杨其彬, 温为庚, 黄建华, 等. 斑节对虾4个不同群体建立家系的生长及成活[J]. 南方水产, 2010, 6(3): 36-40.
- [8] 黄付友, 何玉英, 李健, 等. “黄海1号”中国对虾体长遗传力的估计[J]. 中国海洋大学学报, 2008, 38(2): 269-274.
- [9] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 虾夷马粪海胆早期生长发育的遗传力估计[J]. 中国水产科学, 2003, 10(3): 206-211.
- [10] 李健, 刘萍, 王清印, 等. 中国对虾遗传连锁图谱的构建[J]. 水产学报, 2008, 32(2): 161-173.
- [11] 罗坤, 张天时, 孔杰. 定向交尾技术在中国对虾家系构建中的初步研究[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(1): 71-75.
- [12] 高保全, 刘萍, 李健, 等. 三疣梭子蟹体重遗传力的估计[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(3): 322-326.
- [13] Benzie J A H, Kenway M, Trott L. Estimates for the heritability of size in juvenile *Penaeus monodon* prawns from half-sib matings[J]. Aquaculture, 1997, 152: 49-53.
- [14] 张磊, 董在杰, 明俊超, 等. 鱼类育种实践中的个体标记技术[J]. 水产学杂志, 2010, 23(1): 55-59.