

池养长江蟹、辽河蟹生长性能 及其遗传-环境交互作用分析

李晨虹¹ 李思发¹ 邢益于² 胡本龙² 赵善才²

(1) 农业部水产增养殖生态、生理重点开放实验室: 上海水产大学, 200090;

2 江苏省高淳固城湖中华绒螯蟹原种场, 高淳 211300)

摘要: 在江苏省高淳县和安徽省绩溪县两地同时进行中华绒螯蟹长江种群和辽河种群二龄成蟹生长比较试验。①在同一饲养环境里, 4—9月, 两种群间差异不显著($P > 0.05$)。②长江蟹比辽河蟹生长期长一个月, 长江蟹10月底出池, 故其商品蟹体重大于9月底出池时辽河蟹体重($P < 0.05$)。③长江蟹成活率高于辽河蟹($P < 0.01$)。④两种群的雄性个体都大于雌性个体($P < 0.01$); 但雌、雄差异明显增大的时间是, 辽河蟹始于7、8月份, 长江蟹始于8、9月份。⑤在绩溪山区池塘低温和饵料贫乏的生态环境中, 两种群的生长、成活率都比在高淳平原池塘的较好生态环境下低($P < 0.01$)。种群与环境、性别与环境的交互作用都极显著($P < 0.01$)。在优良环境中, 长江种群的生长优势和两种群内雄性的生长优势才能得到发挥。

关键词: 中华绒螯蟹; 种群; 长江; 辽河; 生长; 遗传; 环境; 交互作用

中图分类号: S968.25 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2002)04-0335-07

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards)天然分布北至辽宁, 南至福建的各大通海水系中。不同水系的河蟹不仅存在形态、生化和分子遗传上的差异^[1~3], 而且养殖上的许多经济性状也存在很大差别^[4~7]。

目前用于养殖的群体主要包括长江种群(以下简称长江蟹)和辽河种群(以下简称辽河蟹)的河蟹。一般认为长江蟹的起捕率、生长均高于辽河蟹^[8]。但也有人认为辽河蟹的商品规格、产量虽略低于长江蟹, 但辽河蟹苗种便宜, 养殖辽河蟹仍能取得较好利润^[9]。在养殖生产中, 对两种蟹的生长、成活率等经济性状的评价, 更是众说纷纭, 没有统一的结论。其主要原因是缺乏严格设计的试验和统计分析, 没有分析遗传环境的相互作用, 而这一因素对河蟹这一低等动物是十分重要的。因此作者在江苏省高淳县和安徽省绩溪县两种不同的生态环境下, 同时进行了长江种群蟹和辽河种群蟹成蟹阶段的比较试验, 旨在研究两种河蟹的生长、成活率等经济性状的遗传差异, 并探讨这些性状的遗传-环境的交互作用。

收稿日期: 2001-04-10; 修订日期: 2001-10-30

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目(96-008-01-03-05)

作者简介: 李晨虹(1973—), 男, 安徽郎溪人; 硕士, 助理研究员; 研究方向为水产动物种质资源。研究工作受到蔡完其教授的鼎力相助, 王成辉先生和胡庆维先生参加部分野外工作, 谨此致谢

通讯作者: 李思发, E-mail: lisifak@online.sh.cn

1 材料和方法

1.1 试验地点与材料来源 为了分析遗传与环境的交互作用, 选取了生态环境不同的两个试验地点, 即江苏省高淳县(试验一) 和安徽省绩溪县(试验二)。高淳县属亚热带季风气候, 试验池塘设在高淳固城湖畔中华绒螯蟹原种场内, 池塘平整规范, 光照充足, 水温适宜, 饵料生物丰富, 较适合河蟹的生长。绩溪县属亚热带的山区气候, 试验池塘设在绩溪县城脚山底, 水温较低, 天然饵料贫乏, 对河蟹来说, 生态环境较高淳差(表 1)。试验所用长江蟹、辽河蟹皆为人工繁殖的蟹苗、在上海市崇明县上海水产大学河蟹试验站培育的蟹种, 于 1998 年 12 月同批运送到试验地投放。放养时, 长江蟹平均体重为 6.82g, 辽河蟹体重为 6.66g, 两者差异不显著($P > 0.05$)。保证了试验蟹种质量和规格的一致性。

表 1 试验期间高淳与绩溪试验池塘的环境条件

Tab. 1 Environmental conditions of testing ponds at Gaochun and Jixi during experimental period

| 环境因子 Environment factor | 高淳 Gaochun | 绩溪 Jixi |
|--|---------------|------------|
| 平均最低、最高水温(℃) Average lowest & highest water temperature | 18.0—33.9 | 15.3—28.0 |
| 透明度(m) Transparency | 0.15—0.45 | 0.45—0.80 |
| 浮游生物含量(mg/L) Content of plankton | 4.37 | 0.22 |
| 底栖生物含量(g/m ²) Content of benthos | 450 | 57 |

1.2 试验设计与统计分析 试验采用完全随机设计。在高淳, 使用 6 口 0.133hm² 池塘, 每池放养 1100 只幼蟹, 每种蟹设三个重复。在绩溪使用 4 口 0.133hm² 池塘, 每池放养 1050 只幼蟹, 每种蟹设二个重复。高淳试验从 1999 年 4 月起, 每月测量河蟹的壳长和体重, 每池测量 30 只。辽河蟹到 9 月下旬已全部性成熟、停止生长, 并开始逃逸, 因此于 9 月底全部起捕, 而长江蟹到 10 月份才成熟, 到 10 月底才全部起捕。起捕时, 统计总产量和成活率。绩溪的试验结束时, 与高淳的同期起捕, 并统计总产量和成活率。

1.3 统计分析 对试验结果进行多元方差分析, 按以下模型进行。

线性模型(1)用于高淳试验点 4—9 月长江蟹和辽河蟹的生长逐月比较。

$$W = \mu + Age + Sex + Popu + Age^* Sex + Age^* Popu + Sex^* Popu + Age^* Sex^* Popu + e_{ijk} \quad (1)$$

线性模型(2)用于出池时长江蟹(10 月)和辽河蟹(9 月)的体重比较。

$$W = \mu + Envi + Sex + Popu + Envi^* Sex + Envi^* Popu + Sex^* Popu + Envi^* Sex^* Popu + e_{jk} \quad (2)$$

线性模型(3)用于长江蟹和辽河蟹在两个试验地点养殖的成活率比较

$$W = \mu + Envi + Popu + Envi^* Popu + e_{ij} \quad (3)$$

式中 W 为观测值, μ 为群体平均数, Age 为年龄的固定效应, Sex 为性别基因的固定效应, $Popu$ 为种群基因的固定效应, $Envi$ 为环境的固定效应, e_{ijk} 和 e_{ij} 为机误, 其他为各效应的交互效应。所有数据均用 SYSTAT 软件分析。

2 结果

2.1 4—9月间的生长差异

高淳试验点两种群4—9月体重数据方差分析的结果列于表2。长江蟹与辽河蟹在4—9月间体重生长差异不显著($P > 0.05$)，年龄与种群之间的交互作用也不显著($P > 0.05$)。说明在4—9月，长江蟹与辽河蟹的生长并无太大差异，而且生长曲线也基本一致(图1a)，不似有人认为的辽河蟹前期生长快，而长江蟹后期生长快^[3]。

长江蟹与辽河蟹的雄性个体都极显著地大于雌性个体($P < 0.01$)，且种群与性别之间的交互作用不显著($P > 0.05$)，但年龄与性别之间的交互作用极显著($P < 0.01$)，这是由于雌、雄个体之间的生长差异是在后期才表现出来的缘故。辽河蟹雌、雄间的差异在7、8月份开始明显增大，而长江蟹雌、雄间的差异在8、9月份开始明显增加(图1b)。年龄、种群与性别三者之间的交互作用不显著($P > 0.05$)。

表2 高淳试验点长江蟹与辽河蟹4—9月体重方差分析

Tab 2 ANOVA on weights of Yangtze crab and Liaohe crab at Gaochun from April to September

| 变异来源 | 自由度 | 均方 | P值 |
|----------------------|-------------------|-------------|---------|
| Sources of variation | Degree of freedom | Mean square | P value |
| 年龄(月) Age(month) | 5 | 175327 | 0.000 |
| 性别 Sex | 1 | 51197 | 0.000 |
| 种群 Population | 1 | 152 | 0.490 |
| 年龄* 性别 Age* Sex | 5 | 4043 | 0.000 |
| 年龄* 种群 Age* Popu | 5 | 155 | 0.786 |
| 性别* 种群* Sex* Popu | 1 | 74 | 0.631 |
| 年龄* 性别* 种群 | 5 | 676 | 0.062 |
| Age* Sex* Popu | | | |
| 机误 Error | 606 | 320 | |

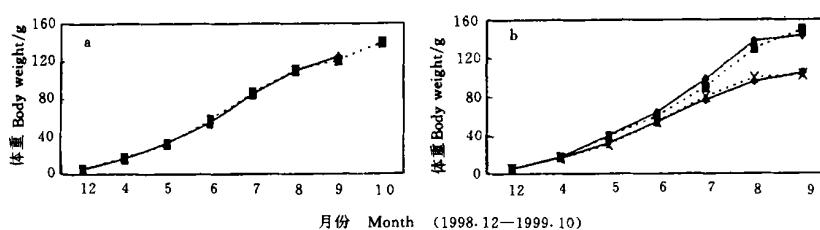


图1 高淳试验点长江蟹与辽河蟹各月生长差异

Fig. 1 Month variation of growth of Yangtze crab and Liaohe crab at Gaochun

a 雌、雄混合 Female and male mixed b 雌、雄分计 Female and male separated

...■... 长江蟹 -▲- 辽河蟹 -▲- 辽河蟹♂ ♀-♦- 辽河蟹♀

...■... 长江蟹♂ ♂ ...*... 长江蟹♀

2.2 养成出池时生长差异

生产中直接影响经济效益的是出池规格, 所以对两试验点长江蟹(10月)和辽河蟹(9月)出池时的体重数据进行了方差分析(表3)。试验结束时, 高淳养殖的两种蟹平均比绩溪大22%(表4)($P < 0.01$)。这是由于绩溪生态环境较高淳差的缘故。出池时, 长江蟹与辽河蟹体重差异极显著($P < 0.01$), 而且种群与环境之间的交互作用也极显著($P < 0.01$)。在高淳, 长江蟹比辽河蟹大10%, 在绩溪, 长江蟹仅比辽河蟹大3%(表4)。说明在水温较低, 环境较差的条件下, 长江蟹对辽河蟹生长优势很小(表2)。

性别所致的生长差异极显著($P < 0.01$)。性别与环境之间的交互作用也极显著($P < 0.01$)。在高淳, 雄蟹比雌蟹大29%, 而在绩溪, 雄蟹比雌蟹大6%(表4), 说明在绩溪较差的生态环境中, 性别基因的差异也受到了抑制(表3)。性别与种群之间的交互作用不显著($P > 0.05$)。环境、性别与种群三者之间的交互作用不显著($P > 0.05$)。

表3 高淳、绩溪两试验点长江蟹、辽河蟹出池时体重方差分析

Tab. 3 ANOVA on harvest weight of Yangtze crab and Liaohe crab at Gaodun and Jixi

| 变异来源 Sources of variation | 自由度 Degree of freedom | 均方 Mean square | P值 P value |
|------------------------------|--------------------------|-------------------|---------------|
| 环境 Environment | 1 | 76316 | 0.000 |
| 性别 Sex | 1 | 53678 | 0.000 |
| 种群 Population | 1 | 11438 | 0.000 |
| 环境* 性别(Env* Sex) | 1 | 27502 | 0.000 |
| 环境* 种群 Env* Popu | 1 | 4515 | 0.005 |
| 性别* 种群 Sex* Popu | 1 | 0.2 | 0.984 |
| 环境* 性别* 种群 Env* Sex* Popu | 1 | 0.8 | 0.970 |
| 机误 Error | 1115 | 583 | |

表4 高淳、绩溪两试验点长江蟹、辽河蟹出池时体重

Tab. 4 Harvest weight of Yangtze population and Liaohe population at Gaochun and Jixi

| 种群 Population | 高淳 Gaochun | | | | 绩溪 Jixi | | | | 高淳/绩溪 Gaochun/Jixi |
|-------------------------|------------|-------|------|--------|---------|-------|------|--------|-----------------------|
| | ♂(g) | ♀(g) | ♂/♀ | ♀+♂(g) | ♂(g) | ♀(g) | ♂/♀ | ♀+♂(g) | |
| 长江 Yangtze | 155.8 | 122.4 | 1.27 | 139.9 | 113.0 | 107.6 | 1.05 | 110.3 | |
| 辽河 Liaohe | 141.2 | 107.9 | 1.31 | 127.5 | 116.7 | 108.6 | 1.07 | 106.9 | |
| 平均 Average | | | 1.29 | 133.2 | | | 1.06 | 109.4 | 1.22 |
| 长江/辽河 Yangtze/Liaohe | | | | 1.10 | | | | 1.03 | |

2.3 成活率

在高淳, 长江蟹比辽河蟹成活率高14%; 在绩溪, 长江蟹比辽河蟹高37%(表5), 两地

长江蟹与辽河蟹的成活率差异均极显著($P < 0.01$) (表 6), 高淳两种蟹成活率平均比绩溪高 45% (表 5)。而环境对成活率的影响也极显著($P < 0.01$) (表 6), 种群与环境的交互作用不显著($P > 0.05$) (表 6)。

表 5 两试验地点长江蟹与辽河蟹成活率

Tab. 5 Survival rate of Yangtze crab and Liaohe crab at two experimental locations

| 种群 Population | 高淳 Gaochun(%) | 绩溪 Jixi (%) | 高淳/绩溪 Gaochun/Jixi |
|----------------------|---------------|-------------|--------------------|
| 长江 Yangtze | 45.4 | 34.0 | 1.34 |
| 辽河 Liaohe | 39.7 | 24.8 | 1.60 |
| 平均 Average | 42.6 | 29.4 | 1.45 |
| 长江/辽河 Yangtze/Liaohe | 1.14 | 1.37 | |

表 6 高淳、绩溪两地河蟹出池时成活率方差分析

Tab. 6 ANOVA on survival rate of Yangtze crab and Liaohe crab at two experimental locations

| 变异来源 Sources of variation | 自由度 Degree of freedom | 均方 Mean square | P 值 P value |
|---------------------------|-----------------------|----------------|-------------|
| 环境 Environment | 1 | 133.803 | 0.003 |
| 种群 Population | 1 | 415.014 | 0.000 |
| 环境* 种群 Env* Popu | 1 | 8.067 | 0.293 |
| 机误 Error | 6 | 6.064 | |

3 讨论

长江蟹与辽河蟹在生长、成活率等经济性状方面的比较研究有不少报道, 但一直缺乏令人信服的结果。徐德昆等^[8]比较了长江蟹、辽河蟹和闽江蟹的生长性能, 但在其试验中, 长江蟹与辽河蟹各自只有一个试验池塘, 没有重复。这样就很难说明其试验结果是规律性差异还是偶然性差别。羊茜等^[10]分别用两个湖泊和两个池塘比较了 2 龄长江蟹和辽河蟹的生长, 可惜并未分析遗传与环境的互作。本研究在两种不同的养殖环境下进行了试验, 每个试验点都设了两个以上的重复, 这样就消除了池塘环境引起的误差, 试验结果基本反映了两种蟹的遗传差异。

研究表明, 长江蟹、辽河蟹在不同养殖条件下存在遗传与环境的相互作用, 即长江蟹对辽河蟹的生长优势在高淳积温高、天然饵料丰富、较好的生态条件下表现得明显, 而在绩溪则小得多。当某种基因型对环境不敏感, 或者几种基因型在不同的环境中优劣完全相反时, 则会产生交互效应^[11]。本试验的交互效应就是由辽河蟹对低温、较差的环境不敏感引起的, 可能与其自然分布在北京, 积温低、环境条件较差有关。Cruz 等人^[12]对不同扇贝种群的研究也得到类似的结果。因此当环境好时, 养殖长江蟹会有较好的效果。而在较差的生态条件下, 辽河蟹生长与长江蟹差别不大, 这可能也是生产中人们对两种蟹生长性能评价不一的原因之一。本试验未能在辽河地区进行长江蟹与辽河蟹对比试验, 无法进一步分析更大环境差别下环境-遗传的交互作用。

两地的试验都证明在相同的生长期内(4—9月),两种河蟹生长差异不显著。而出池时长江蟹显著地大于辽河蟹。这一差异是由于辽河蟹性成熟早、生长期比长江蟹少一个月造成的。因此在生产中,辽河蟹起捕较早,满足早期市场需要,而长江蟹起捕应尽量晚,以满足市场对个大、价高产品的需要。否则长江蟹的生长优势难以得到利用。

两地的试验都表明,同批培育和运输放养的蟹种在相同的养殖条件下,长江蟹的成活率显著地高于辽河蟹。低温时,长江蟹一般在泥中蛰伏,而辽河蟹仍频繁活动。因此在冬季和早春温度变化时,辽河蟹容易冻伤、冻死^[7],这可能是导致辽河蟹成活率低的一个主要因素。在绩溪的试验中,就发现部分辽河蟹因过早活动被冻死。

金刚等^[13]认为在北方繁殖的辽河蟹苗,运到长江流域养成蟹种再进行养殖,其生长期可能会发生改变。本试验所用的辽河蟹蟹种就是人工繁殖的蟹苗在长江流域的崇明培育成的,并未发现辽河蟹生长期短、低温下活动频繁等特性有何改变。表明辽河蟹的生活习性基本上是由基因决定的,并不因环境的变化而改变。

参考文献:

- [1] 李晨虹,李思发.中国大陆沿海六水系绒螯蟹(中华绒螯蟹和日本绒螯蟹)群体亲缘关系:形态判别分析[J].水产学报,1999,23(4):337—342
- [2] 赵金良,李思发.中国大陆沿海六水系绒螯蟹(中华绒螯蟹和日本绒螯蟹)群体亲缘关系:生化遗传差异分析[J].水产学报,1999,23(4):331—336
- [3] 李思发,邹曙明,中国大陆沿海六水系绒螯蟹(中华绒螯蟹和日本绒螯蟹)群体亲缘关系:RAPD 指纹标记[J].水产学报,1999,23(4):325—330
- [4] 万全.瓯江蟹的生长性能及评价[J].淡水渔业,1997,27(2):44—47
- [5] 王年斌.养殖群体的退化对河蟹养殖发展的影响[J].水产科学,1998,17(5):40—42
- [6] 曹维孝.长江、瓯江中华绒螯蟹种培育比较实验[J].淡水渔业,1995,25(2):14—15
- [7] 徐兴川,张菁,陈孟初,等.辽河水系中华绒螯蟹的生物学与养殖技术的研究[J].淡水渔业,1998,28(3):28—29
- [8] 徐德昆,林乐峰.不同水系河蟹幼蟹的养成效果分析[J].水产养殖,1997,(1):26—27
- [9] 占家智,羊茜.长江水系和辽河水系河蟹养殖的比较研究[J].科学养鱼,1998,(12):31—32
- [10] 羊茜,占家智.辽河蟹与长江蟹生长速度的对比试验[J].淡水渔业,1999,29(10):40—42
- [11] Falconer, D. S. , Mackay, T. F. C. , 1996 Introduction to Quantitative Genetics, 4th ed. [M]. London: Longman Scientific and Technical.
- [12] Cruz P, Ramirez JL, Garcia G A, et al. Genetic differences between two populations of catarina scallop (*Argopeden ventricosus*) for adaptations for growth and survival in a stressful environment[J]. Aquaculture, 1998, 166, 321—335
- [13] 金刚,李钟杰,雷武.长江中游湖泊放流河蟹的生长动态[J].水生生物学报,1999,23(3):249—255

GROWTH PERFORMANCE AND ITS GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION ANALYSIS OF CHINESE MITTEN CRAB (*Eriocheir sinensis*) POPULATIONS FROM THE YANGTZE RIVER AND THE LIAOHE RIVER IN PONDS

LI Cherr hong¹, Li Si fa¹, XING Yiyu², HU Beir long² and ZHAO Shan cai²

(1 Key Laboratory of Ecology and Physiology in Aquaculture, Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, 200090;

2 Administration committee of Guchen lake of Gaohun, Gaohun 211300)

Abstract: Culture experiment of two-year old crabs of the Yangtze River population and the Liaohe River population were conducted in Gaohun, Jiangsu province and Jixi, Anhui province simultaneously. (1) There is no significant difference in growth performances between the Yangtze River population and the Liaohe River population under the same management from April to September($P > 0.05$). (2) Harvest weight of the Yangtze River population in October was higher than that of the Liaohe River population harvested in September ($P < 0.05$), because the Yangtze River population grew one month longer than the Liaohe River population. (3) Survival of the Yangtze River populations was higher than the Liaohe River population ($P < 0.01$). (4) Weight of male crabs of two populations were higher than females($P < 0.01$), while the difference was enlarged in July and August for the Liaohe River population and in August and September for the Yangtze River population. (5) Growth and survival between two populations under stress of environment condition of Jixi were lower than that of Gaohun($P < 0.01$). There were significant interactions between environment and population($P < 0.01$), environment and sex($P < 0.01$). It means growth dominance of the Yangtze population and male crab of each population would be expressed in optimal environment but not in poor environment.

Key words: *Eriocheir sinensis*; Population; The Yangtze river; The Liaohe River; Growth; Genetic; Environment; Interaction