中国水产科学 2016 年 3 月, 23(2): 382−395
Journal of Fishery Sciences of China
研究论文

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2016.15142

长江、黄河、辽河水系中华绒螯蟹野生扣蟹的形态学及生化组成

卢义[1, 2], 吴旭干[1, 2], 何杰[1, 2], 王春[1, 2], 李晓东[3], 刘乃更[3], 王幼鹏[4], 成永旭[1, 2]

1. 上海海洋大学 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306;
2. 上海海洋大学 上海市教委水产动物遗传育种协同创新中心, 上海 201306;
3. 盘锦光合蟹业有限公司, 辽宁 盘锦 124200;
4. 江苏省宿迁旭邦水产科技有限公司, 江苏 泗洪 223900

摘要: 探讨长江、黄河和辽河水系中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*, 以下称河蟹)野生扣蟹的异同, 对于河蟹种质资源评价和养殖生产具有重要的现实意义。本研究采用形态学测量和生化分析方法, 测定和比较了长江、黄河和辽河三水系野生扣蟹(以下简称长江蟹、黄河蟹和辽河蟹)的形态学、肝胰腺指数(HSI)、常规生化成分、脂类和脂肪酸组成差异。结果表明, (1) 三水系野生扣蟹的形态学特征差异较大, 三水系雌雄扣蟹分别有 12 和 18 个形态学指标差异显著, 但其差异系数均未达到亚种间的差异阈值, 聚类分析将三水系野生扣蟹分为两组, 长江和黄河水系为一组, 辽河水系为另一组。(2) 筛选判别贡献率较大的 7～10 个指标, 对三水系雌雄扣蟹分别建立判别方程, 综合判别准确率达 87.5%。(3) 长江雌蟹 HSI 最高, 辽河雄蟹 HSI 最低; 辽河雌蟹肝胰腺的水分和蛋白含量较高, 长江雌蟹水分、粗蛋白和总糖含量最低; 辽河蟹躯体肌肉水分含量最高, 而长江蟹躯体蛋白和脂肪含量最高, 但总糖含量最低。(4) 就脂类组成而言, 除了雄体肝胰腺外, 长江蟹组织中的甘油三酯含量均显著高于其他两个水系, 黄河蟹游离脂肪酸和胆固醇百分含量相对较低, 但磷脂含量最高。(5) 黄河蟹肝胰腺和躯体肌肉中 18: 1n9 和 18: 2n6 含量最低, 但其 20: 5n3 和 22: 6n3 含量最高, 三水系肝胰腺中的脂肪酸差异大于肌肉间的差异。因此, 三水系河蟹野生扣蟹的形态学和生化组成均存在较大差异, 可以据此进行综合鉴别。

关键词: 中华绒螯蟹; 野生扣蟹; 长江水系; 黄河水系; 辽河水系; 形态学; 生化成分
中图分类号: S96　　**文献标志码:** A　　**文章编号:** 1005−8737−(2016)02−0382−14

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)又称河蟹, 是中国重要的经济蟹类之一, 具有重要的经济价值, 其天然群体曾广泛分布于辽河、黄河、长江、瓯江和闽江等水系[1−2]。自 20 世纪 60 年代以来, 由于过渡捕捞、入海和沿江河流的水闸阻挡其洄游通道及环境污染等原因, 野生河蟹资源急剧下降; 另一方面, 随着人们生活水平的提高, 河蟹的消费量不断增加, 从而促进了河蟹养殖业的快速发展[3−4], 2013 年中国成蟹养殖产量高达 72.99 万 t, 总产值超过 400 亿元[5]。目前, 中国河蟹养殖主要集中于长江流域、黄河流域和辽河流域[6−7], 由于人工繁殖过程中的近亲繁殖、采用小规格亲本育苗和不同水系间盲目引种等原因, 中国主要河蟹养殖群体种质退化和混杂严重, 导致其养殖性能退化, 这给其养殖业带来了极大的危害[4, 8−9]。近 10 年来, 由于主要水系禁渔期的执行、河蟹增殖放流和水域环境保护等, 长江、黄河和辽河等水系野生河蟹资源在一定程度上得以恢复, 这为各

收稿日期: 2015-04-09; 修订日期: 2015-05-09.
基金项目: 国家 863 计划项目(2012AA10A409-5); 科技部港澳台科技合作专项项目(2014DFT30270); 上海市科委崇明专项项目(13231203504); 上海市科委工程技术中心能力提升项目(13DZ2280500); 上海高校水产学一流学科建设项目(2012-62-0908).
作者简介: 卢义(1981−), 男, 硕士研究生, 主要从事河蟹养殖和遗传育种的研究. E-mail: luyi3516@163.com
通信作者: 成永旭, 教授. E-mail: yxcheng@shou.edu.cn

水系野生河蟹种质资源评价及优异种质发掘利用提供了物质基础[10–11]。有研究表明，长江水系野生扣蟹在成蟹养殖阶段的养殖性能优于长江水系养殖群体或其他水系苗种，故长江水系野生扣蟹苗种需求量较大，价格通常高于其他水系的野生苗种[12–13]。同时，由于长江、黄河和辽河水系目前均具有一定的野生扣蟹捕捞量，且都被应用于各地区的河蟹养殖中，所以迫切需要建立一种准确实用的长江、黄河和辽河水系野生扣蟹的鉴别方法。

目前，有关不同水系河蟹的表型差异和鉴别技术研究主要集中在成蟹阶段，且以形态学和遗传学分析为主[4, 14–16]，有关不同水系扣蟹的鉴别研究较少[17]。实际上，不同水系野生扣蟹不仅在形态学可能存在一定差异，且由于生长环境和饵料组成的差异，其生化组成也可能存在差异[18]。先前研究表明，生长在不同水域的同种水生动物的生化组成可能存在差异，据此可以鉴别不同种群的水生动物[19–20]，例如：通过肌肉脂肪酸组成的指纹图谱可以鉴别不同种群的野生三疣梭子蟹[21]。因此，结合形态学和生化组成分析，可以为同种水生动物的不同地理种群鉴别提供更加丰富的基础信息。迄今为止，有关辽河、黄河、长江三水系野生扣蟹的鉴别技术尚未见报道，这非常不利于河蟹种质资源保护和合理利用。鉴于此，本文较系统研究了辽河、黄河、长江三水系野生扣蟹的形态学和生化组成差异，并建立了相应的判别方法，旨在为河蟹野生资源保护、种质资源评价及合理开发利用提供理论依据和实践参考。

1　材料与方法

1.1　实验用蟹

长江、黄河和辽河水系野生群体扣蟹于 2013 年 3 月采自江苏镇江(119.27°E, 32.11°N)、山东东营 (118.52°E, 37.61°N) 和辽宁盘锦 (122.70°E, 40.70°N)，每群体随机采集正常扣蟹 60 只左右，雌雄近似各半，要求肢体健全、无一龄早熟蟹，各群体具体采样数量、体重、甲壳长、甲壳宽和体厚见表 1。

表 1　三水系中华绒螯蟹野生扣蟹的样本量、体重、甲壳长、甲壳宽和甲壳厚

Tab. 1　Sampling number, body weight, carapace length, carapace width and body thickness of wild juvenile *E. sinensis* from three rivers

$\bar{x}$ ±SD

指标 index	雌体 female			雄体 male		
	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.	长江 Yangtze Riv.	黄河 Huanghe Riv.	辽河 Liaohe Riv.
样本量/n sampling number	30	28	30	32	36	30
体重/g body weight	7.44±0.79	7.06±1.88	7.03±1.36	7.88±0.99	7.91±2.11	7.20±1.35
甲壳长/mm carapace length	22.92±1.31	22.21±2.09	22.70±1.48	23.08±1.18	22.95±2.15	22.76±1.41
甲壳宽/mm carapace width	25.70±1.10	25.06±2.19	25.34±1.68	25.97±1.32	25.75±2.31	25.02±1.57
甲壳厚/mm body thickness	12.14±0.60	11.95±1.34	12.04±0.98	12.89±0.83	12.71±1.46	12.04±0.77

1.2　形态学测量及分析

1.2.1　形态学测量　参考文献[14]的方法，选取了头胸甲、步足等部位的 24 个测量点，使用游标卡尺进行测量(精确度为 0.02 mm)，具体测量参数见图 1，每只个体共测量 32 个形态学数据，主要包括甲壳两侧对称额齿/侧刺间的距离、甲壳右后缘/突出点到右侧几个关键点的距离、甲壳表面关键点间的距离和第四、第五步足的相关参数等。为校正由于样本规格差异对形态学特征值的影响，将每只蟹的所有形态特征值分别除以它的体长值(L_1)进行校正，下文所有提到的特征值都是经过校正后的值。

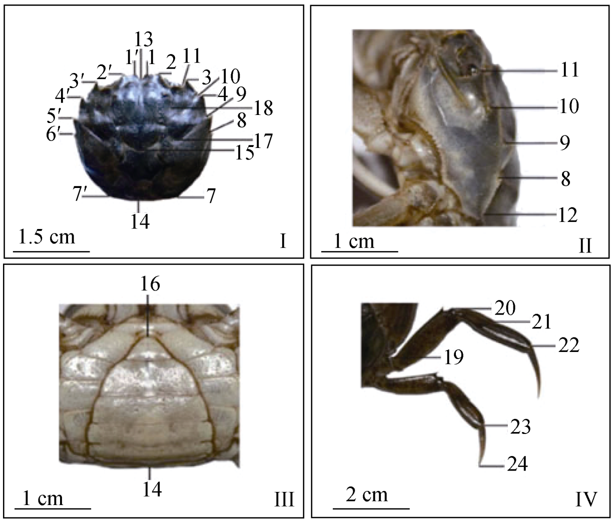

图 1　中华绒螯蟹扣蟹形态学测量点位置图

I. 背甲测量点; II. 背甲侧面测量点; III. 腹甲测量点; IV. 第四、五步足测量点.

A1: 1-1′; A2: 2-2′; A3: 3-3′; A4: 4-4′; A5: 5-5′; A6: 6-6′; A7: 7-7′; B1: 7-8; B2: 7-9; B3: 7-10; B4: 7-11; C1: 12-8; C2: 12-9; C3: 12-10; C4: 12-11; L1: 13-14; L2: 13-15; L3: 15-14; L4: 14-16; L5: 16-13; H: 测量点 16 处的体厚; S1: 12-17; S2: 12-18; S3: 17-3; , S4: 17-4; S5: 17-5; S6: 17-6; S7: 17-7; F1: 19-20; F2: 21-22; F3: 23-24; F4: 点 23 处的宽度.

Fig. 1　Landmark points for morphological measurements of juvenile *E. sinensis*

I. Measuring points of carapace; II. Measuring points of side carapace; III. Measuring points of sternite; IV. Measuring points of the fourth and fifth periopods.

A1: 1-1′; A2: 2-2′; A3: 3-3′; A4: 4-4′; A5: 5-5′; A6: 6-6′; A7: 7-7′; B1: 7-8; B2: 7-9; B3: 7-10; B4: 7-11; C1: 12-8; C2: 12-9; C3: 12-10; C4: 12-11; L1: 13-14; L2: 13-15; L3: 15-14; L4: 14-16; L5: 16-13; H: body thickness in point 16; S1: 12-17; S2: 12-18; S3: 17-3; , S4: 17-4; S5: 17-5; S6: 17-6; S7: 17-7; F1: 19-20; F2: 21-22; F3: 23-24; F4: width in the point 23.

1.2.2　聚类和判别分析　利用 32 个形态特征值对三水系河蟹进行聚类分析和逐步判别分析，选出对判别贡献较大的形态学参数建立相应的判别公式。随机另外选择三水系野生扣蟹各 40 只，雌雄各半，测量相关形态学指标后采用判别公式进行判别，然后统计判别准确率和综合判别率，计算公式如下。

判别准确率=100×判别正确的数目/实测数目;

综合判别率(%)=$\left(\sum_{i=1}^{k} A_i \Big/ \sum_{i=1}^{k} B_i\right)\times 100$，其中，$A_i$ 为 i 水系判别正确的蟹数，B_i 为 i 水系蟹的样本数，k 为水系数。

1.2.3　方差分析和差异系数计算　采用 ANOVA 对三水系河蟹扣蟹的所有形态学参数进行方差分析，采用 Tukey's 法进行多重比较，以 $P<0.05$ 为差异显著性标准。参考 Mayr 等[22]和刘子藩等[23]的方法对差异显著的特征值分别计算差异系数，如差异系数>1.28，可视为亚种水平以上的差异。

1.3　生化组成分析

形态学指标测量完毕后，对三水系扣蟹进行活体解剖，取出全部肝胰腺并称重(精确到 0.001g)，计算肝胰腺指数(HSI, %)=100×肝胰腺重/体重。同时取出躯体肌肉(去除大螯、头胸甲、鳃、三角膜、心脏和肠道等)，所有组织保存于–40℃的冰箱中待生化分析。由于单只幼蟹的肝胰腺和肌肉较少，故将同水系同性别的 6 只个体的肝胰腺或躯体样品合并，生化分析时每组样品各 5 个重复。

常规营养成分测定：按 AOAC(1995)的标准方法测定水分(105℃下烘干至恒重)和蛋白质(凯氏定氮法)含量[24]；按 Folch 法采用氯仿∶甲醇(两者体积比为 2∶1)提取总脂并测定其含量[25]；采用苯酚–硫酸法测定碳水化合物含量，标样为葡萄糖[26]。

脂类和脂肪酸组成分析：根据文献[27]的方法进行脂类和脂肪酸分析，采用 14%的三氟化硼-甲醇溶液对总脂进行甲酯化处理，旋转蒸发到所需浓度进行脂肪酸分析。所用仪器为 Agilent 6890 气相色谱，毛细管柱型号为 Omegawax320 (30.0 m×0.32 mm, USA)，进样口和氢火焰检测器的温度均为 260℃，起始柱温度为 300 mL/min，补偿气体氮气的流速为 25 mL/min，分流比为 1∶50；压力为 60 kPa。脂类成分和脂肪酸含量计算均采用面积百分比法。

1.4　数据处理

利用 SPSS 13.0 软件对实验数据进行统计分析，所有数据均采用平均值±标准差($\bar{x}$±SD)表示，采用 Levene's 法进行方差齐性检验，当不满足齐性方差时，对百分比数据进行反正弦或平方根处理，采用 ANOVA 对所有数据进行方差分析，采用 Tukey's 法进行多重比较，以 $P<0.05$ 为差异显著性标准，在 Excel 下绘制相关图表。

2　结果与分析

2.1　形态学特征方差分析和差异系数

表 2 为三水系野生扣蟹雌体间差异显著的形态学特征及差异系数, 32 个特征值中有 12 个差异显著(P<0.05), 其中仅 C1 和 F3 两个特征值在三水系雌体间差异均显著; 雄体差异显著的形态学特征数据见表 3, 32 个特征值中有 18 个差异显著(P<0.05), 其中 7 个特征值在三水系雌体间也差异显著。就差异系数而言, 无论雌体

表 2　三水系野生扣蟹雌体间差异显著的形态学指标及其差异系数

Tab. 2　Morphological indices with significant differences and their coefficient of variation of the wild female juvenile *E. sinensis* among the three rivers

$\bar{x}$ ±SD

指标 index	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.	差异系数 coefficient of variation
A_2/L_1	$0.257±0.014^a$	$0.271±0.013^b$	$0.262±0.014^{ab}$	0.519
A_3/L_1	$0.708±0.020^a$	$0.727±0.018^b$	$0.705±0.018^a$	0.611
A_7/L_1	$0.535±0.020^a$	$0.544±0.014^a$	$0.522±0.020^b$	0.647
C_1/L_1	$0.179±0.014^a$	$0.166±0.013^b$	$0.192±0.015^c$	0.929
L_2/L_1	$0.540±0.035^a$	$0.543±0.012^{ab}$	$0.558±0.010^b$	0.400
L_3/L_1	$0.495±0.013^a$	$0.505±0.011^b$	$0.502±0.011^{ab}$	0.417
S_1/L_1	$0.420±0.055^a$	$0.384±0.011^b$	$0.376±0.019^b$	0.595
S_5/L_1	$0.325±0.023^a$	$0.318±0.016^{ab}$	$0.310±0.021^b$	0.341
S_6/L_1	$0.339±0.022^a$	$0.329±0.013^a$	$0.311±0.020^b$	0.667
F_2/L_1	$0.481±0.046^a$	$0.495±0.029^{ab}$	$0.506±0.022^b$	0.368
F_3/L_1	$0.343±0.040^a$	$0.310±0.042^b$	$0.374±0.024^c$	0.970
F_4/L_1	$0.052±0.003^a$	$0.056±0.005^b$	$0.057±0.005^b$	0.625

注: 同行数据上标中不含有相同字母表示差异显著(P<0.05); 差异系数为差别最大的两水系间差异系数.

Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05); coefficient of variation in each line is the highest coefficient between each two populations from three rivers.

表 3　三水系野生扣蟹雄体间差异显著的形态学指标及其差异系数

Tab. 3　Morphological indices with significant differences and their coefficient of variation of the wild male juvenile *E. sinensis* among the three rivers

$\bar{x}$ ±SD

指标 index	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.	差异系数 coefficient of variation
A_1/L_1	$0.071±0.007^a$	$0.075±0.011^a$	$0.086±0.013^b$	0.750
A_6/L_1	$1.117±0.017^a$	$1.123±0.018^a$	$1.105±0.019^b$	0.486
A_7/L_1	$0.519±0.021^a$	$0.516±0.020^{ab}$	$0.506±0.020^b$	0.317
B_1/L_1	$0.636±0.010^a$	$0.629±0.016^{ab}$	$0.626±0.016^b$	0.385
B_3/L_1	$0.855±0.011^a$	$0.859±0.016^a$	$0.845±0.015^b$	0.452
C_1/L_1	$0.184±0.015^a$	$0.162±0.017^b$	$0.212±0.035^c$	0.962
C_2/L_1	$0.328±0.012^b$	$0.310±0.014^a$	$0.336±0.022^b$	0.722
C_3/L_1	$0.471±0.011^b$	$0.458±0.016^a$	$0.478±0.029^b$	0.444
C_4/L_1	$0.597±0.017^b$	$0.571±0.020^a$	$0.592±0.027^b$	0.703
L_4/L_1	$0.745±0.015^{ab}$	$0.728±0.049^a$	$0.748±0.016^b$	0.308
S_1/L_1	$0.416±0.020^a$	$0.392±0.018^b$	$0.402±0.032^b$	0.632
S_3/L_1	$0.474±0.012^{ab}$	$0.465±0.021^a$	$0.483±0.030^b$	0.353
S_4/L_1	$0.395±0.015^{ab}$	$0.387±0.024^a$	$0.404±0.034^b$	0.293
S_5/L_1	$0.336±0.019^a$	$0.320±0.025^a$	$0.325±0.024^{ab}$	0.364
S_6/L_1	$0.350±0.017^a$	$0.331±0.022^b$	$0.321±0.026^b$	0.674
F_2/L_1	$0.498±0.048^a$	$0.509±0.034^{ab}$	$0.522±0.029^b$	0.312
F_3/L_1	$0.344±0.035^a$	$0.320±0.043^a$	$0.371±0.059^b$	0.500
F_4/L_1	$0.054±0.003^a$	$0.060±0.005^b$	$0.059±0.003^b$	0.750

注: 同行数据上标中不含有相同字母表示差异显著(P<0.05); 差异系数为差别最大的两水系间差异系数.

Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05); coefficient of variation in each line is the highest coefficient between each two populations from three rivers.

还是雄体，各特征值的差异系数均小于亚种分类阈值 1.28，因此三水系河蟹野生群体间的差异尚未达到亚种水平，尚为种内不同地理种群间的差异。

2.2 形态学特征聚类和判别分析

聚类分析结果显示三水系雌蟹和雄蟹先分别两两聚类，然后黄河水系与长江水系扣蟹再合并成一大类，最后与辽河水系相聚(图 2)。因此，聚类分析将三水系扣蟹分为两组，长江水系和黄河水系为一组(I 组)，辽河水系为另一组(II 组)。由于聚类分析不能判别样本的水系属性，因此需要进一步进行判别分析，使用 32 个特征值进行逐步判别分析，样本 I 组和 II 组的判别准确率都为 98%。由于雌蟹和雄蟹在形态特征存在一定的差异，故本研究对三水系河蟹雌蟹和雄蟹分别进行判别，长江、黄河和辽河水系雌体的判别准确率分别为 90%、83%、93%，雄体的判别准确率分别为 93%、90%、97%，综合判别率为 91%。尽管运用 32 个特征值逐步判别的准确率较高，为了方便在实际生产中应用，本研究进一步筛选出 7~10 个贡献较大的特征值，建立了简便实用的判别公式，用于样本的水系属性判别，判别公式如下：

长江雌蟹：$F_1= -797.637W/L_1^3+512.821A_7/L_1+920.477C_1/L_1+3428.722L_4/L_1-206.283S_1/L_1+205.480F_3/L_1+1670.508F_4/L_1-1290.666$;

黄河雌蟹：$F_2= -792.312W/L_1^3+546.863A_7/L_1+862.657C_1/L_1+3449.038L_4/L_1-257.417S_1/L_1+162.290F_3/L_1+2011.752F_4/L_1-1301.399$;

辽河雌蟹：$F_3= -896.968W/L_1^3+431.673A_7/L_1+1017.535C_1/L_1+3709.384L_4/L_1-269.164S_1/L_1+219.361F_3/L_1+1998.165F_4/L_1-1416.304$;

长江雄蟹：$F_4= -756.661W/L_1^3+995.638A_1/L_1+2158.798A_4/L_1-125.253C_1/L_1+841.218C_4/L_1+3237.782L_4/L_1+966.986S_4/L_1-504.271S_6/L_1+192.785F_3/L_1+1002.001F_4/L_1-2395.595$;

黄河雄蟹：$F_5= -758.030W/L_1^3+1072.875A_1/L_1+2177.816A_4/L_1-141.835C_1/L_1+783.813C_4/L_1+3187.701L_4/L_1+978.074S_4/L_1-540.772S_6/L_1+169.657F_3/L_1+1394.167F_4/L_1-2350.900$;

辽河雄蟹：$F_6= -918.433W/L_1^3+1231.973A_1/\mathrm{L}_1+2262.085A_4/L_1-70.221C_1/L_1+852.742C_4/L_1+3293.385L_4/L_1+1068.096S_4/L_1-650.563S_6/L_1+206.952F_3/L_1+1471.705F_4/L_1-2490.956$

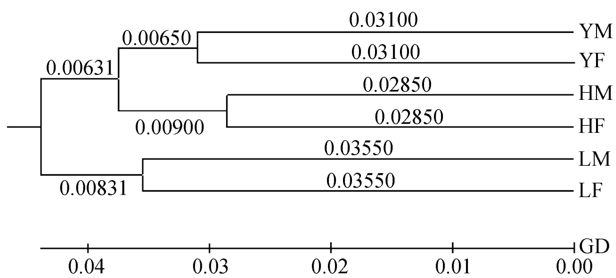

图 2 三水系中华绒螯蟹野生扣蟹的聚类分析图

GD: 遗传距离; HF: 黄河野生雌体扣蟹; HM: 黄河野生雄体扣蟹; LF: 辽河野生雌体扣蟹; LM: 辽河野生雄体扣蟹; YF: 长江野生雌体扣蟹; YM: 长江野生雄体扣蟹.

Fig. 2 Clustering dendrogram of wild juvenile *E. sinensis* from three rivers

GD: Genetic distance; HF: Wide female of juvenile *E. sinensis* from Yellow River; HM: Wide male of juvenile *E. sinensis* from Yellow River; LF: Wide female of juvenile *E. sinensis* from Liaohe River; LM: Wide male of juvenile *E. sinensis* from Liaohe River; YF: Wide female of juvenile *E. sinensis* from Yangtze River; YM: Wide male of juvenile *E. sinensis* from Yangtze River.

表 4 三水系中华绒螯蟹野生扣蟹的判别结果

Tab. 4 Discrimination results of population attribution of wild juvenile *E. sinensis* from the three rivers

种群 population	样本数 sample number	判别结果 discrimination result			判别准确率/% accuracy of discrimination
		长江 Yangtze River	黄河 Yellow River	辽河 Liaohe River	
雄体 male					
长江蟹 Yangtze River	20	17	2	1	85
黄河蟹 Yellow River	20	3	16	1	80
辽河蟹 Liaohe River	20	1	0	19	95
雌体 female					
长江蟹 Yangtze River	20	18	2	0	90
黄河蟹 Yellow River	20	2	17	1	85
辽河蟹 Liaohe River	20	2	0	18	90

随机选择三水系野生扣蟹各 40 只(雌雄各半)验证判别公式的准确率, 判别结果见表 4, 各水系雌雄扣蟹判别准确率均大于或等于 80%, 综合判别率为 87.5%, 进一步说明了本研究建立的判断公式具有一定的实用价值。

2.3　肝胰腺指数和常规生化成分的比较

三水系野生扣蟹的肝胰腺指数(HSI)见图 3, 长江雌蟹的 HSI 显著高于其他两个水系, 而辽河雄体的 HSI 显著低于其他两个水系。三水系野生扣蟹肝胰腺和躯体肌肉的常规生化成分见表 5, 就肝胰腺而言, 三水系雄体的常规成分均无显著差异, 黄河雌体肝胰腺中水分和蛋白含量相对较高, 长江雌体的水分、粗蛋白和总糖含量最低, 脂肪含量相对较高。就躯体肌肉而言, 无论雌体还是雄体, 辽河蟹肌肉中水分含量显著高于其他两个水系, 长江蟹肌肉中蛋白和脂肪含量较高, 但总糖含量最低, 黄河蟹肌肉中脂肪和总糖含量均居于其他两水系之间。

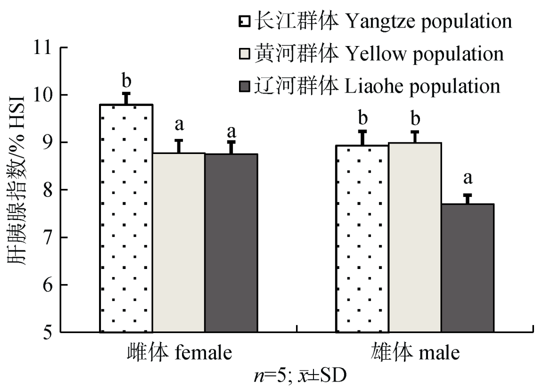

图 3　三水系中华绒螯蟹野生扣蟹的肝胰腺指数比较
柱上不同字母表示不同水系间差异显著($P<0.05$).
Fig. 3　The comparision of hepatosomatic index (HSI) of wild juvenile *E. sinensis* from three rivers
The columns with different letters indicate significant differences among three populations ($P<0.05$).

表 5　三水系中华绒螯蟹野生扣蟹肝胰腺和肌肉的常规生化成分
Tab. 5　Proximate composition in the hepatopancreas and muscle of wild juvenile *E. sinensis* from three rivers

%, 湿重 wet weight; n=5; $\bar{x}$ ±SD

常规生化成分 proximate composition	雌体 female			雄体 male		
	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.
肝胰腺 hepatopancreas						
水分 moisture	48.52±1.67^{a}	55.06±4.99^{ab}	55.21±1.94^{b}	52.09±3.68^{a}	54.81±2.22^{a}	56.18±4.20^{a}
粗蛋白 crude protein	8.97±0.97^{a}	10.67±1.08^{b}	9.58±0.78^{ab}	9.86±0.74^{a}	9.71±1.25^{a}	9.27±0.77^{a}
脂肪 crude lipid	33.42±1.89^{a}	27.16±6.21^{a}	30.11±3.29^{a}	28.23±3.34^{a}	28.85±3.44^{a}	27.60±5.13^{a}
总糖 total carbohydrate	0.56±0.07^{a}	0.71±0.10^{ab}	0.73±0.07^{b}	0.70±0.21^{a}	0.76±0.09^{a}	0.78±0.08^{a}
肌肉 muscle						
水分 moisture	69.69±0.32^{a}	68.64±0.33^{a}	71.85±1.28^{b}	69.01±0.27^{a}	69.88±0.59^{a}	71.56±0.81^{b}
粗蛋白 crude protein	15.50±0.30^{b}	14.82±0.56^{b}	13.49±0.90^{a}	16.26±0.45^{a}	15.03±0.44^{a}	15.12±2.88^{a}
脂肪 crude lipid	1.09±0.07^{a}	1.04±0.10^{a}	0.96±0.12^{a}	1.17±0.14^{b}	1.05±0.11^{ab}	0.96±0.10^{a}
总糖 total carbohydrate	0.18±0.04^{a}	0.34±0.04^{b}	0.35±0.03^{b}	0.23±0.04^{a}	0.26±0.02^{a}	0.49±0.02^{b}

注: 同行数据上标中不含有相同字母表示差异显著($P<0.05$).
Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

2.4　脂类组成的比较

表 6 为三水系野生扣蟹肝胰腺和躯体肌肉的脂类组成。就雌体肝胰腺而言, 长江雌蟹肝胰腺中甘油三酯(TG)含量显著高于其他两个水系, 辽河雌蟹肝胰腺中游离脂肪酸(FFA)和磷脂(PL)含量最低, 胆固醇(CHO)含量最高, 黄河蟹肝胰腺中 PL 含量最高; 就雄体肝胰腺而言, 黄河蟹 FFA 和 CHO 含量最低, PL 含量最高, 长江雄蟹肝胰腺中 TG、FFA 和 PL 均略低于辽河蟹, 但统计学上并无显著差异($P>0.05$)。就躯体肌肉脂类组成而言, 无论雄体还是雌体, 长江蟹肌肉中的 TG 含量最高, PL 含量最低; 黄河蟹的 PL 含量最高, FFA 含量最低; 辽河蟹肌肉中的 CHO 含量相对较高, 其他脂类成分含量居于长江和黄河水系之间。

2.5　脂肪酸组成的比较

表 7 为三水系野生扣蟹肝胰腺的脂肪酸组成,

表 6 三水系中华绒螯蟹野生扣蟹肝胰腺和肌肉的脂类组成

Tab. 6 Lipid composition in the hepatopancreas and muscle of wild juvenile *E. sinensis* from three rivers

%, 总脂 total lipid; n=5; $\bar{x}$ ±SD

脂类组成 lipid composition	雌体 female			雄体 male		
	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.
肝胰腺 hepatopancreas						
甘油三酯 triglycerides	90.36±1.86[b]	82.58±5.87[a]	87.18±3.53[a]	83.80±4.04[a]	85.73±2.40[a]	83.68±3.59[a]
游离脂肪酸 free fatty acid	3.46±1.01[b]	3.43±0.75[b]	2.10±0.37[a]	4.88±1.28[a]	1.69±0.55[b]	5.21±1.45[a]
胆固醇 cholesterol	0.82±0.21[a]	1.02±0.23[ab]	1.29±0.34[b]	1.88±0.32[a]	0.97±0.22[b]	2.09±0.43[a]
磷脂 phospholipids	6.76±1.20[a]	13.77±1.23[b]	6.65±0.95[a]	7.73±1.08[b]	9.69±0.99[a]	8.16±1.62[b]
肌肉 muscle						
甘油三酯 triglycerides	5.93±1.04[a]	1.15±0.21[b]	2.63±0.76[c]	7.30±0.58[b]	3.69±0.51[a]	4.74±1.13[a]
游离脂肪酸 free fatty acid	4.09±0.32[a]	1.89±0.41[b]	3.86±0.65[a]	4.89±1.06[a]	1.92±0.46[b]	5.84±0.50[a]
胆固醇 cholesterol	5.56±0.75[a]	4.34±0.53[b]	5.80±0.19[a]	5.43±0.36[a]	4.98±0.64[a]	5.94±0.85[a]
磷脂 phospholipids	85.24±2.91[a]	92.86±1.55[b]	88.64±1.74[c]	82.57±1.69[a]	89.68±2.10[b]	83.96±2.10[a]

注: 同行数据上标中不含有相同字母表示差异显著(P<0.05).

Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

表 7 三水系中华绒螯蟹野生扣蟹肝胰腺中的脂肪酸组成

Tab. 7 Fatty acid composition in the hepatopancreas of wild juvenile *E. sinensis* from three rivers

%, 总脂肪酸 total fatty acids; n=5; $\bar{x}$ ±SD

脂肪酸 fatty acid	雌体 female			雄体 male		
	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.
$C_{14:0}$	1.06±0.15[a]	1.96±0.31[b]	1.16±0.30[a]	1.17±0.25[a]	2.01±0.24[b]	1.38±0.33[a]
$C_{15:0}$	0.60±0.12[a]	0.69±0.23[a]	0.72±0.11[a]	0.64±0.05[a]	0.57±0.06[a]	0.80±0.13[b]
$C_{16:0}$	16.38±0.89[a]	14.39±0.22[c]	17.65±0.91[b]	16.55±0.33[a]	14.38±0.63[b]	17.31±0.75[a]
$C_{17:0}$	0.71±0.11[a]	1.12±0.31[b]	0.70±0.11[a]	0.97±0.07[a]	0.95±0.32[a]	0.90±0.13[a]
$C_{18:0}$	2.44±0.11[a]	2.64±0.32[a]	2.63±0.18[a]	2.57±0.14[a]	2.89±0.18[b]	2.62±0.21[ab]
ΣSFA	21.32±1.01[a]	20.94±0.34[a]	23.03±0.91[b]	22.06±0.54[a]	20.94±0.49[b]	23.20±0.73[c]
$C_{14:1n7}$	0.31±0.04[a]	0.38±0.05[a]	0.32±0.06[a]	0.28±0.07[a]	0.39±0.08[a]	0.36±0.10[a]
$C_{16:1n7}$	13.19±0.24[a]	11.39±0.91[a]	12.03±1.17[a]	11.09±2.19[a]	10.86±0.71[a]	12.52±0.36[a]
$C_{17:1n7}$	0.77±0.09[a]	1.20±0.32[b]	0.82±0.09[a]	0.87±0.02[a]	1.00±0.04[b]	0.88±0.24[ab]
$C_{18:1n9}$	27.12±2.06[a]	20.34±3.51[c]	32.47±0.63[b]	27.18±1.61[a]	23.44±1.49[c]	30.06±1.03[b]
$C_{18:1n7}$	3.70±0.25[a]	4.29±0.28[b]	3.32±0.31[a]	3.98±0.22[b]	3.79±0.29[b]	3.36±0.27[a]
$C_{20:1n9}$	1.10±0.16[b]	0.88±0.14[ab]	0.80±0.12[a]	1.38±0.22[b]	0.91±0.10[a]	0.77±0.03[a]
$C_{20:1n7}$	0.41±0.04[a]	0.54±0.24[a]	0.33±0.07[a]	0.53±0.11[a]	0.53±0.18[a]	0.40±0.04[a]
ΣMUFA	47.14±2.48[a]	39.20±2.01[b]	50.29±1.24[a]	46.14±2.10[a]	41.14±0.96[b]	48.45±0.94[a]
$C_{18:2n6}$	13.41±1.86[b]	9.29±2.09[a]	16.48±1.52[c]	12.84±0.76[a]	8.45±1.09[c]	14.57±0.81[b]
$C_{18:3n3}$	2.62±0.19[a]	2.98±0.51[a]	1.67±0.15[b]	2.52±0.53[a]	2.71±0.43[a]	1.94±0.50[a]
$C_{20:2n6}$	1.12±0.19[a]	1.07±0.15[a]	1.05±0.21[a]	1.45±0.51[a]	1.06±0.23[a]	1.06±0.08[a]
$C_{20:4n6}$	1.56±0.47[a]	1.93±0.12[a]	0.75±0.14[b]	1.61±0.34[ab]	1.72±0.03[a]	1.07±0.22[b]
$C_{20:3n3}$	0.41±0.03[a]	0.69±0.14[b]	0.28±0.05[a]	0.53±0.03[ab]	0.69±0.09[a]	0.37±0.10[b]
$C_{20:5n3}$	2.86±0.69[a]	7.11±0.88[c]	1.29±0.19[b]	3.01±0.60[a]	6.50±1.00[c]	1.84±0.48[b]
$C_{22:6n3}$	2.24±0.51[a]	5.43±0.77[b]	0.86±0.25[c]	1.74±0.72[a]	5.70±0.70[b]	1.19±0.12[a]
ΣPUFA(≥18: 2n)	25.17±1.30[a]	31.31±1.51[b]	22.50±1.74[c]	24.87±1.73[a]	29.72±0.60[b]	22.63±0.85[a]
Σn3PUFA	8.91±1.38[a]	18.82±0.87[b]	4.16±0.37[c]	8.79±1.30[a]	18.27±1.42[b]	5.73±0.94[c]
Σn6PUFA	16.26±1.40[a]	12.49±1.95[b]	18.34±1.63[a]	16.08±1.54[a]	11.45±1.29[b]	16.90±0.56[a]
n3/n6	0.55±0.12[a]	1.54±0.31[b]	0.23±0.02[c]	0.55±0.11[a]	1.62±0.28[c]	0.34±0.06[b]
ΣHUFA(≥20: 3n)	7.76±1.81[a]	17.15±0.84[c]	3.28±0.65[b]	7.70±1.58[a]	16.83±1.03[b]	4.94±0.86[c]

注: 同行数据上标中不含有相同字母表示差异显著(P<0.05); 表中仅列出含量大于 0.3%的数据.

Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05). The fatty acid with more than 0.3% of total fatty acids is shown in the table.

无论雌体还是雄体, 辽河蟹肝胰腺中的饱和脂肪酸(ΣSFA)和单不饱和脂肪酸(ΣMUFA)含量高于其他两个水系, 黄河蟹肝胰腺中的 ΣSFA 和 ΣMUFA 含量最低, 三水系扣蟹肝胰腺中 ΣSFA 和 ΣMUFA 的含量变化主要是由于 16∶0 合 18∶1n7 含量变化造成的。整体上, 三水系扣蟹肝胰腺中的多不饱和脂肪酸(PUFA)含量差别较大, 黄河水系 ΣPUFA、Σn3PUFA、ΣHUFA 含量和 n3/n6 比值最高, 辽河蟹 Σn6PUFA 含量相对较高, 辽河雌雄蟹肝胰腺中的 ΣHUFA 分别仅为黄河水系的 19%和 29%; 就具体 PUFA 种类而言, 黄河蟹的 20: 4n6(ARA)、20∶5n3(EPA)和 22∶6n3(DHA)含量最高, 18∶2n6 含量最低, 辽河蟹肝胰腺中的 18∶2n6 含量最高, 而 18∶3n3、20∶4n6(ARA)、20∶5n3(EPA)和 22∶6n3(DHA)含量最低, 长江扣蟹肝胰腺中的大部分 PUFA 含量处于黄河水系和辽河水系之间。

表 8 为三水系野生扣蟹肌肉中的脂肪酸组成, 从整体上看三水系扣蟹肌肉中 SFA 主要由 C16∶0 和 C18∶0 组成, 无论雌体还是雄体, 三水系肝胰腺中的 ΣSFA 含量均无显著差异, 含量都在 18%~20%。就 MUFA 而言, 躯体肌肉中 18∶1n9 含量占 ΣMUFA 的 50%以上, 无论雌体还是雄体,

表 8　三水系中华绒螯蟹野生扣蟹躯体肌肉中的脂肪酸组成

Tab. 8　Fatty acid composition in the carcass muscle of wild juvenile *E. sinensis* from three rivers

%, 总脂肪酸 total fatty acids; n=5; $\bar{x}\pm$SD

脂肪酸 fatty acid	雌体 female			雄体 male		
	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.	长江 Yangtze Riv.	黄河 Yellow Riv.	辽河 Liaohe Riv.
$C_{14:0}$	0.52 ± 0.04^{ab}	0.67 ± 0.13^{b}	0.46 ± 0.11^{a}	0.50 ± 0.08^{a}	0.76 ± 0.08^{b}	0.54 ± 0.08^{a}
$C_{15:0}$	0.35 ± 0.03^{a}	0.37 ± 0.04^{a}	0.39 ± 0.04^{a}	0.34 ± 0.07^{a}	0.40 ± 0.03^{ab}	0.45 ± 0.05^{b}
$C_{16:0}$	11.87 ± 0.68^{a}	10.93 ± 0.15^{a}	11.45 ± 0.90^{a}	11.18 ± 0.83^{a}	10.61 ± 0.08^{a}	11.34 ± 0.59^{a}
$C_{17:0}$	0.81 ± 0.06^{a}	1.18 ± 0.11^{c}	0.70 ± 0.12^{a}	0.81 ± 0.10^{a}	1.13 ± 0.11^{b}	0.79 ± 0.06^{a}
$C_{18:0}$	5.29 ± 0.21^{a}	5.99 ± 0.21^{b}	5.01 ± 0.23^{a}	4.96 ± 0.37^{a}	5.82 ± 0.14^{b}	4.74 ± 0.11^{a}
$C_{20:0}$	0.48 ± 0.06^{a}	0.54 ± 0.03^{a}	0.65 ± 0.04^{b}	0.49 ± 0.01^{a}	0.54 ± 0.02^{b}	0.53 ± 0.05^{ab}
ΣSFA	19.33 ± 1.01^{a}	19.68 ± 0.12^{a}	18.66 ± 0.83^{a}	18.29 ± 1.07^{a}	19.25 ± 0.06^{a}	18.39 ± 0.53^{a}
$C_{16:1n7}$	5.12 ± 1.02^{b}	3.89 ± 0.33^{ab}	3.74 ± 0.91^{a}	4.75 ± 0.73^{a}	4.21 ± 0.15^{a}	5.01 ± 0.97^{a}
$C_{17:1n7}$	0.55 ± 0.14^{a}	0.61 ± 0.08^{a}	0.50 ± 0.11^{a}	0.52 ± 0.09^{a}	0.70 ± 0.13^{b}	0.55 ± 0.08^{ab}
$C_{18:1n9}$	17.31 ± 1.00^{a}	12.70 ± 0.71^{b}	18.02 ± 1.32^{a}	17.46 ± 0.53^{a}	14.11 ± 1.70^{b}	19.08 ± 1.04^{a}
$C_{18:1n7}$	4.03 ± 0.17^{a}	5.13 ± 0.06^{b}	4.21 ± 0.44^{a}	3.92 ± 0.12^{a}	4.82 ± 0.28^{b}	4.05 ± 0.11^{a}
$C_{20:1n9}$	1.35 ± 0.23^{a}	1.29 ± 0.06^{a}	1.18 ± 0.11^{a}	1.74 ± 0.16^{b}	1.28 ± 0.07^{a}	1.19 ± 0.10^{a}
$C_{20:1n7}$	0.29 ± 0.05^{a}	0.40 ± 0.08^{ab}	0.45 ± 0.12^{b}	0.35 ± 0.06^{a}	0.44 ± 0.09^{a}	0.44 ± 0.05^{a}
$C_{22:1n9}$	0.29 ± 0.07^{a}	0.40 ± 0.09^{b}	0.26 ± 0.05^{a}	0.51 ± 0.17^{a}	0.42 ± 0.13^{ab}	0.22 ± 0.13^{b}
ΣMUFA	29.06 ± 1.89^{a}	24.54 ± 0.62^{b}	28.46 ± 2.14^{ab}	29.36 ± 1.45^{b}	26.09 ± 1.26^{a}	30.65 ± 2.12^{b}
$C_{18:2n6}$	9.26 ± 0.97^{a}	5.39 ± 0.30^{b}	11.53 ± 1.77^{a}	10.30 ± 0.93^{a}	5.70 ± 0.62^{b}	12.37 ± 0.68^{c}
$C_{18:3n3}$	1.80 ± 0.21^{a}	1.50 ± 0.21^{a}	1.84 ± 0.27^{a}	2.05 ± 0.20^{a}	1.55 ± 0.03^{b}	2.09 ± 0.25^{a}
$C_{20:2n6}$	1.66 ± 0.14^{a}	1.64 ± 0.08^{a}	1.74 ± 0.07^{a}	1.82 ± 0.20^{a}	1.52 ± 0.08^{b}	1.61 ± 0.11^{ab}
$C_{20:4n6}$	4.78 ± 0.11^{a}	4.01 ± 0.25^{b}	5.08 ± 0.39^{a}	4.66 ± 0.61^{a}	3.83 ± 0.40^{a}	4.57 ± 0.80^{a}
$C_{20:3n3}$	0.45 ± 0.05^{a}	0.68 ± 0.08^{b}	0.35 ± 0.06^{a}	0.55 ± 0.05^{a}	0.64 ± 0.04^{b}	0.38 ± 0.06^{c}
$C_{20:5n3}$	13.97 ± 0.72^{a}	19.52 ± 0.61^{b}	15.48 ± 1.77^{a}	14.18 ± 1.11^{a}	18.66 ± 1.18^{b}	13.55 ± 2.06^{a}
$C_{22:5n3}$	1.11 ± 0.23^{a}	2.18 ± 0.12^{b}	1.36 ± 0.26^{a}	1.44 ± 0.16^{a}	3.17 ± 0.59^{b}	1.45 ± 0.13^{a}
$C_{22:6n3}$	9.24 ± 1.39^{a}	11.12 ± 0.82^{a}	6.44 ± 1.31^{b}	7.84 ± 0.71^{a}	11.21 ± 0.59^{b}	5.86 ± 0.44^{c}
ΣPUFA(≥18: 2n)	42.84 ± 1.15^{a}	46.77 ± 0.72^{b}	44.18 ± 2.65^{ab}	43.46 ± 1.57^{a}	47.04 ± 1.73^{b}	42.30 ± 2.50^{a}
Σn3PUFA	27.00 ± 1.28^{a}	35.60 ± 1.19^{b}	25.69 ± 2.70^{a}	26.53 ± 1.09^{a}	35.88 ± 2.16^{b}	23.61 ± 2.31^{a}
Σn6PUFA	15.84 ± 1.09^{a}	11.18 ± 0.47^{b}	18.49 ± 1.75^{a}	16.93 ± 0.90^{a}	11.16 ± 0.51^{b}	18.68 ± 0.56^{c}
n3/n6	1.71 ± 0.17^{a}	3.19 ± 0.24^{b}	1.40 ± 0.24^{a}	1.57 ± 0.09^{a}	3.22 ± 0.32^{b}	2.26 ± 0.12^{a}
ΣHUFA(≥20: 3n)	29.90 ± 1.19^{a}	37.96 ± 1.12^{b}	29.02 ± 3.09^{a}	29.06 ± 1.90^{a}	37.97 ± 2.23^{b}	26.19 ± 3.15^{a}

注: 同行数据上标中不含有相同字母表示差异显著(P<0.05); 表中仅列出含量大于 0.3%的数据.

Note: Values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05). The fatty acid with more than 0.3% of total fatty acids is shown in the table.

黄河蟹肌肉中的 18∶1n9 含量均显著低于长江蟹和辽河蟹(P<0.05)，导致其肌肉中的 MUFA 含量最低。就 PUFA 组成而言，扣蟹肌肉中主要为 18∶2n6、20∶5n3、20∶4n6 和 22∶6n3 这 4 种脂肪酸，除了黄河和长江雌蟹肌肉中 DHA 含量无显著差异外，黄河蟹肌肉中 EPA、DHA、n-3ΣPUFA 和 ΣHUFA 百分含量要显著高于其他两水系，但其 18∶2n-6、20∶4n-6 和 n-6ΣPUFA 含量显著最低(P < 0.05)。就肌肉中 n-3/n-6 而言，黄河水系最高，其他两水系间无显著差异。

3 讨论

3.1 不同水系野生扣蟹的形态学差异及其判别

中华绒螯蟹不同地理种群由于长期的生殖隔离，不同种群间存在一定程度的分离，从而在形态、养殖性能、生理生态和群体遗传上存在一定的差异[1–2, 14–15, 18]。尽管中国大陆主要水系绒螯蟹分类仍存在一定的争议，特别中华绒螯蟹和日本绒螯蟹的亲缘关系，但是普遍认为中国瓯江、长江、黄河、海河和辽河 5 个水系的绒螯蟹均为中华绒螯蟹，它们的亲缘关系较近，其群体分化尚未达到亚种水平[14–15, 28–31]，这 5 个水系中华绒螯蟹的形态学特征与广西南流江水系及俄罗斯海参崴绥芬河水系的绒螯蟹形态学差异较大[6, 32]。先前有关不同地理种群中华绒螯蟹的形态学研究主要集中于成蟹[1, 33]，尚未见不同水系野生扣蟹形态学特征的比较研究[17, 33]。由于长江、黄河和辽河流域是中国主要的河蟹养殖区，三水系目前均具有一定数量的野生扣蟹可用于成蟹养殖，且三水系野生扣蟹的价格相差较大，因此系统比较三水系野生扣蟹的形态学差异，建立有效的鉴别方法具有重要的现实意义[7, 29]。本研究结果表明，长江、黄河和辽河水系野生扣蟹多个形态学特征存在显著差异，且不同水系雌雄扣蟹间的变化规律存在多处显著差异，因此本研究针对三水系雌雄扣蟹的形态学特征分别建立判别公式，综合判别率达 87.5%，这明显高于先前不同水系未区分性别的扣蟹和成蟹判别结果，其综合判别准确率在 70%~80%[14, 17]。本研究中综合判别准确率较高的可能原因有二个: (1)同种群中华绒螯蟹雌雄个体的形态学存在一定的差异，分别针对雌雄个体的形态学特征建立判别公式有利于提高判别准确率[7]; (2)生长环境对中华绒螯蟹的形态学特征可能具有一定的影响，本研究中采用是三水系野生扣蟹，其生长环境有较大差异，故其形态学差异相对较大，而李勇等[17]研究中采用的三水系扣蟹为野生或者人工繁育大眼幼体在条件相似的池塘中培育而成，因此其形态学差异主要与遗传因素有关。

本研究中主要形态学特征差异和聚类分析结果均表明，长江水系和黄河水系的野生扣蟹亲缘关系较近，这可能是由于黄河处于长江和辽河中间，黄河水系中华绒螯蟹种群为长江群体向辽河群体的过渡类型，故其野生扣蟹形态学特征与长江水系野生扣蟹相对接近。此外，由于黄河流域曾经多次引入长江水系中华绒螯蟹进行池塘养殖，池塘养殖中华绒螯蟹逃逸可能对野生黄河蟹的种质资源也造成了一定的负面影响[28]，这也可能导致黄河水系和长江水系野生扣蟹的形态学差异变小。先前研究表明辽河、长江和瓯江水系大眼幼体在相似养殖池塘中培育成扣蟹，其形态学特征仍然存在较大差异，因此可以用判别公式进行鉴别[17]。同一群体的美国蓝蟹(*Callinectes sapidus*)在不同生长环境中，其甲壳的形态学特征也存在较大差异[34]，据此推测不同水系野生扣蟹的形态学差异可能与不同生长环境有关[13–14]。因此，作者认为长江、黄河和辽河三水系野生扣蟹的形态学差异可能受遗传和环境因素共同影响，有关遗传和环境因素对其形态学差异的贡献和交互作用有待进一步研究。

3.2 不同水系野生扣蟹的生化组成差异及其原因

有关不同增养殖水域中华绒螯蟹成蟹的生化组成已有一些报道，主要是从成蟹可食部位的营养组成角度进行了研究[35–37]，有关不同水系野生扣蟹的生化组成尚未见报道。肝胰腺是甲壳动物最重要的营养物质消化吸收和储存器官，在其生长和发育过程中起着极其重要的作用，肝胰腺指数及其生化组成可以在很大程度上反应其营养状

况[38–39]。无论雌体还是雄体, 长江水系野生扣蟹的肝胰腺指数及其脂肪含量均高于辽河水系, 其水分含量相对较低, 这可能是由于长江水体的冬季平均水温高于辽河和黄河, 例如: 3 月中旬长江镇江江段的江底平均水温为 10℃以上, 而此时辽河底部水温仅为 3~5℃(作者采样时实际测量), 推测长江中野生扣蟹在越冬期间可能仍有摄食活动, 因此其肝胰腺指数和总脂含量较高, 水分含量较低。而辽河和黄河水系野生扣蟹冬季基本不摄食或摄食量较少, 越冬饥饿导致肝胰腺指数和脂肪含量下降、水分含量上升[40]。甘油三酯(TG)是中华绒螯蟹的主要存储脂类, TG 含量越高通常暗示其营养状况较好[40], 整体上, 长江水系肝胰腺和躯体肌肉中的 TG 含量高于其他两水系, 这也暗示长江野生扣蟹冬季仍然可能具有摄食活动。当然雌雄个体间的变化规律存在一定的性别差异, 如长江雄体肝胰腺中的 TG 略低于其他两个水系, 这可能是由于同水系扣蟹个体间差异较大造成的。

脂肪酸是脂类物质的重要组成部分, 由于食物中脂类物质需要通过肝胰腺吸收后转运到其他组织, 因此肝胰腺的脂肪酸组成与其饵料中的脂肪酸具有较高的相关性, 而肌肉中脂类主要为磷脂, 其脂肪酸组成相对保守, 故受饵料的影响小于肝胰腺[27, 41]。由于甲壳动物肝胰腺中通常会将高度不饱和脂肪酸优先运输到其他组织供其生长发育用, 故肝胰腺中通常含有较多的饱和和单不饱和脂肪酸以氧化供能用[42–43]。本研究结果表明三水系野生扣蟹肝胰腺中 16∶0、18∶1n9、18∶2n6、ARA、EPA 和 DHA 存在显著差异, 这暗示三水系野生扣蟹的脂肪酸组成可能存在较大差异, 黄河水系野生扣蟹天然饵料中可能含有较高的 HUFA, 但其 16∶0、18∶1n9、18∶2n6 含量可能较低。无论雌体还是雄体, 三水系野生扣蟹躯体的脂肪酸组成差异远小于肝胰腺, 例如: 黄河雌体肝胰腺中的 HUFA 比辽河蟹高出 4.2 倍, 而黄河雌体躯体肌肉中的 HUFA 仅比辽河蟹高出 23%, 这和先前不同脂肪酸饲料投喂扣蟹的实验结果基本一致[41, 43]。无论肝胰腺还是肌肉, 同水系雌雄扣蟹间的常规生化、脂类和脂肪酸组成均表现出一定的差异, 这暗示中华绒螯蟹在扣蟹阶段的营养需求已经存在一定的性别差异[39, 43], 因此性别差异是今后研究中需要考虑的一个重要问题。

值得注意的是, 不同水系野生扣蟹肌肉中的生化组成差异也可能和遗传有关。先前研究表明, 不同地理种群/品系的银鲑(*Oncorhynchus kisutch*)和欧洲扇贝(*Pecten maximus*)在相同条件下养殖, 其肌肉中的脂肪酸组成也有所不同, 这说明其肌肉中脂肪酸组成可能和遗传有关, 且可以通过遗传育种来改良[44–45]。本研究中野生扣蟹的生化组成差异可能是饵料、生长环境和遗传因素共同作用的结果, 可以将此作为不同水系野生扣蟹鉴别的一个辅助指标, 肌肉脂肪酸组成的指纹图谱已经被初步应用于野生三疣梭子蟹不同地理种群的鉴定中[21]。今后尚需研究确认三水系中华绒螯蟹在相似的养殖条件下肌肉中脂肪酸和氨基酸等关键营养指标是否存在显著差异, 进一步探讨重要营养品质指标的遗传力, 以期为中华绒螯蟹的遗传育种提供理论基础。

参考文献:

[1] Xu J W, Ren M R, Li S F. Morphological identification of population of *Eriocheir sinensis* from Yangtze, Liaohe and Oujiang rivers[J]. Journal of Fisheries of China, 1997, 21(3): 269–274. [许加武, 任明荣, 李思发. 长江、辽河、瓯江中华绒螯蟹种群的形态判别[J]. 水产学报, 1997, 21(3): 269–274.]

[2] Sui L Y, Zhang F M, Wang X M, et al. Genetic diversity and population structure of the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* in its native range[J]. Mar Biol, 2009, 156: 1573–1583.

[3] Cheng Y X, Wu X G, Yang X Z, et al. Current trends in hatchery techniques and stock enhancement for Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*[J]. Rev Fish Sci, 2008, 16(1–3): 377–384.

[4] Sui L Y, Wille M, Cheng Y X, et al. Larviculture techniques of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*[J]. Aquaculture, 2011, 315: 16–19.

[5] Bureau of Fisheries and Fishery Management, Ministry of Agriculture of China. China Fisheries Statistical Yearbook in 2014[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2014: 56–58. [农业部渔业渔政管理局. 2014 年中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014: 56–58.]

[6] Wang W, Xu C, Zhang W B, et al. Comparative studies on morphological differences among four local populations of mitten crab[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(6): 648–653. [王武, 徐灿, 张文博, 等. 四个地方种群绒螯蟹形态差异的比较研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(6): 648–653.]

[7] Wang W, Wang C H, Ma X Z. Ecological culture of Chinese mitten crab: The Second Edition[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2013. [王武, 王成辉, 马旭洲. 河蟹生态养殖: 第 2 版[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.]

[8] Li X H, Xu Z Q, Ge J C, et al. Advances in germplasm research of the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* originated from the Yangtze River[J]. Journal of Aquaculture, 2009, 30(10): 42–47. [李晓辉, 许志强, 葛家春, 等. 长江水系中华绒螯蟹种质资源研究进展[J]. 水产养殖, 2009, 30(10): 42–47.]

[9] Xiong L W, Li Z, Ma K Y, et al. Analysis of genetic diversity in cultured populations of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) by microsatellite markers[J]. Journal of Agricultural Biotechnology, 2012, 20(12): 1441–1448. [熊良伟, 李真, 马克异, 等. 利用微卫星 DNA 分子标记分析中华绒螯蟹养殖群体遗传分化[J]. 农业生物技术学报, 2012, 20(12): 1441–1448.]

[10] Liu H, Tang T, Duan J R, et al. Population characteristics and factors affecting the Chinese mitten crab fishery in Jiuduansha, Yangtze River Estuary[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(3): 614–623. [刘凯, 汤滔, 段金荣, 等. 长江口九段沙水域中华绒螯蟹汛期特征及影响因子[J]. 中国水产科学, 2013, 20(3): 614–623.]

[11] He J, Wu X G, Jiang X D, et al. Comparison of the culture performance of wild-caught and artificial breeding Chinese mitten crab megalopae reared in the grow-out ponds during the adult *Eriocheir sinensis* culture stage[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2015, 24(1): 60–67. [何杰, 吴旭干, 姜晓东, 等. 池塘养殖条件下野生捕捞和人工繁育大眼幼体在成蟹阶段的养殖性能比较[J]. 上海海洋大学学报, 2015, 24(1): 60–67.]

[12] Zhou G, Zhu Q S, Hu B L. A preliminary study on the growth of Chinese mitten crabs from different river systems[J]. Journal of Aquaculture, 2003, 24(6): 34–37. [周刚, 朱清顺, 胡本龙. 不同水系中华绒螯蟹生长比较的初步研究[J]. 水产养殖, 2003, 24(6): 34–37.]

[13] He J, Wu X G, Li J Y, et al. Comparison of the culture performance and profitability of wild-caught and captive pond-reared Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) juveniles reared in grow-out ponds: Implications for seed selection and genetic selection programs[J]. Aquaculture, 2014, 434: 48–56.

[14] Li C H, Li S F. Phylogenesis of populations of mitten crabs (*Eriocheir sinensis*, *Eriocheir japonicus*) in six river systems of mainland China: morphology discriminant analysis[J]. Journal of Fisheries of China, 1999, 23(4): 37–342. [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.]

[15] Zhao J L, Li S F, Dai W, et al. Phylogenesis of populations of mitten crabs (*Eriocheir sinensis*, *Eriocheir japonicus*) in six rivers of mainland China: biochemical genetic difference analysis[J]. Journal of Fisheries of China, 1999, 23(4): 331–336. [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.]

[16] Hu P F, Li X D, Dai W, et al. Genetic differences and diversity of mitten crabs *Eriocheir* from different rivers based on mtDNA analysis[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2008, 23(3): 50–55. [胡鹏飞, 李晓东, 戴伟, 等. 不同水系绒螯蟹线粒体 DNA 的遗传差异和群体遗传多样性研究[J]. 华北农学报, 2008, 23(3): 50–55.]

[17] Li Y, Li S F, Wang C H, et al. Estalishment and application of morphological discrimination model for juvenile *Eriocheir sinensis* from Liaohe, Yangtze and Oujiang rivers[J]. Journal of Fisheries of China, 2001, 25(2): 120–126. [李勇, 李思发, 王成辉, 等. 三水系中华绒螯蟹幼蟹形态判别程序的建立和使用[J]. 水产学报, 2001, 25(2): 120–126.]

[18] Li C H, Li S F, Xing Y Y, et al. 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[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2002, 26(4): 335–341. [李晨虹, 李思发, 邢益于, 等. 池养长江蟹、辽河蟹生长性能及其遗传–环境交互作用分析[J]. 水生生物学报, 2002, 26(4): 335–341.]

[19] Souchet N, Laplante S. Seasonal and geographical variations of sterol composition in snow crab hepatopancreas and pelagic fish viscera from Eastern Quebec[J]. Comp Biochem Physiol, 2007, 147(3): 378–386.

[20] Celik M, Diler A, Küçükgülmez A. A comparison of the proximate compositions and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two different regions and climatic condition[J]. Food Chem, 2005, 92: 637–641.

[21] Dong Z G, Shen S Y, Li X Y, et al. Fatty acid composition variation and fingerprint of the swimming crab *Portunus trituberculatus* from China Sea based on multivariate analysis method[J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(2): 192–200. [董志国, 沈双烨, 李晓英, 等. 中国沿海三疣梭

子蟹脂肪酸指纹标记的多元分析[J]. 水产学报，2013, 37(2): 192–200.]

[22] Mayr E, Linsley E G, Usinger R L. Methods and principles of systematic zoology[M]. New York and London: McGraw-Hill Press, 1953: 23–54.

[23] Liu Z F, Xiong G Q, Huang K Q, et al. Population identification of the *Trichiurus haumela* from the east China sea[J]. Journal of Fisheries of China, 1997, 21(3): 282–287. [刘子藩, 熊国强, 黄克勤, 等. 东海带鱼种群鉴别研究[J]. 水产学报, 1997, 21(3): 282–287.]

[24] AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists[R]//16th edition. Arilington, V A, USA: Association of Analytical Communities.

[25] Folch J, Lee M, Sloane-stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. J Biol Chem, 1957, 226(1): 497–509.

[26] Kochert A G. Carbohydrate determination by the phenol-sulfuric[C]//Hellebust J A, Craigie J S E. Handbook of Phycolocical Methods: Physiological and Biochemical Methods; Cambridge: Cambridge University Press, 1978: 95–97.

[27] Wu X G, Chang G L, Cheng Y X, et al. Effect of dietary phospholipid and highly unsaturated fatty acids on the gonadal development, lipid class and fatty acid composition of precocious of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Aquac Nutr, 2010, 16(1): 25–36.

[28] Zhang H Z, Zhang B T. Research on cultivation situation and culture modes of Chinese mitten crab at Yellow River Delta in Dongying county[J]. Shangdong Fisheries, 2008, 25(10): 48–50. [张汉珍, 张丙涛. 东营市黄河口大闸蟹养殖现状及发展模式探讨[J]. 齐鲁渔业, 2008, 25(10): 48–50.]

[29] Zhang L S, Qu J J, Wang D D. Ecological and morphological characteristics of populations of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) from Changjiang, Oujiang and Liaohe rivers and the and the quality identification of their young crabs[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2000, 27(5): 200–205. [张列士, 瞿纪军, 汪东冬. 长江、瓯江、辽河水系河蟹种群生态和形态特征及蟹种质量鉴别[J]. 水产科技情报, 2000, 27(5): 200–205.]

[30] Zhang L S, Jiang Z Z, Li J. The morphological comparison between *Eriocheir japonica* and *Eriocheir sinenesis* in different water systems[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2002, 11(2): 110–113. [张列士, 姜治忠, 李军. 日本绒螯蟹与不同水系中华绒螯蟹的形态比较[J]. 上海水产大学学报, 2002, 11(2): 110–113.]

[31] Wang C H, Li C H, Li S F. Mitochondrial DNA-inferred population structure and demographic history of mitten crab (*Eriocheir sensu stricto*) found along the coast of mainland China[J]. Mol Ecol, 2008, 17(15): 3515–3527.

[32] Wang Q, Li X D, Dai W, et al. The Morphological discrimination of populations of mitten crab from different river systems[J]. Fisheries Science, 2006, 25(3): 125–128. [王茜, 李晓东, 戴伟, 等. 不同水系绒螯蟹群体外部形态的判别分析[J]. 水产科学, 2006, 25(3): 125–128.]

[33] He J, Xu P, Zhu J. Morphological variations and species validity of *Eriocheir sinenesis* in the north and south drainage systems of China[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2009, 21(3): 79–86. [何杰, 徐跑, 朱健. 南北水系中华绒螯蟹形态差异分析[J]. 海洋湖沼通报, 2009, 21(3): 79–86.]

[34] Davis J L D, Eckert-mills M G, Young-Williams A C, et al. Morphological conditioning of a hatchery-raised invertebrate, *Callinectes sapidus*, to improve field survivorship after release[J]. Aquaculture, 2005, 243(1–4): 147–158.

[35] Zhang T Q, Zhou G, Zhu Q S, et al. Comparison and analysis on general nutrition composition for mitten crab from different proliferation and culture waters[J]. Journal of Aquaculture, 2006, 27(4): 8–10. [张彤晴, 周刚, 朱清顺, 等. 不同增养殖水体中华绒螯蟹一般营养成份比较分析[J]. 水产养殖, 2006, 27(4): 8–10.]

[36] Zhang T Q, Zhou G, Zhu Q S, et al. Comparison and analysis of fatty acid composition of *Eriocheir sinenesis* in different proliferation and culturing mode[J]. Freshwater Fisheries, 2007, 37(1): 53–57. [张彤晴, 周刚, 朱清顺, 等. 不同增养殖模式中华绒螯蟹脂肪酸比较分析[J]. 淡水渔业，2007, 37(1): 53–57.]

[37] Wu X G, Cheng Y X, Sui L Y, et al. Biochemical composition of pond-reared and lake-stocked Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) broodstock[J]. Aqu Res, 2007, 38: 1459–1467.

[38] Cheng Y X, Du N S, Lai W. Ultrastructure of the hepatopancreatic R and F cells and lipid storage in the chinese crab (*Eriocheir sinenesis*)[J]. Acta Zoological Sinica, 2000, 46(1): 8–13. [成永旭, 堵南山, 赖伟. 中华绒螯蟹肝胰腺 R 和 F 细胞及其脂类储存的电镜研究[J]. 动物学报, 2000, 46(1): 8–13.]

[39] Chang G L, Wu X G, Cheng Y X, et al. Effect of lipid nutrtion on hepatosomatic index and biochemical composition of juvenile *Eriocheir sinenesis*[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2008, 39(3): 276–283. [常国亮, 吴旭干, 成永旭, 等. 不同脂类营养对中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 幼蟹生长、成活、肝胰腺指数和生化成分的影响[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(3): 276–283.]

[40] He J, Wang C, Shao L C, et al. Impacts of starvation on the

juveniles of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*[J]. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(8): 2077–2084. [何杰, 王春, 邵路畅, 等. 饥饿胁迫对中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)仔蟹的影响[J]. 生态学杂志, 2013, 32(8): 2077–2084.]

[41] Zhao Y T, Wu X G, Chang G L, et al. Effects of dietary DHA levels on growth, lipid composition and hypoxia stress of juvenile chinses mitten crab *Eriocheir sinensis*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(6): 1133–1144. [赵亚婷, 吴旭干, 常国亮, 等. 饲料中 DHA 含量对中华绒螯蟹幼蟹生长、脂类组成和低氧胁迫的影响[J]. 水生生物学报, 2013, 37(6): 1133–1144.]

[42] Querijero B V L, Teshima S, Koshio S, et al. Utilization of monounsaturated fatty acid (18：1n-9, oleic acid) by freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) juveniles[J]. Aqu Nutr, 1997, 3(2): 127–139.

[43] Wu X G, Wang Z K, Cheng Y X, et al. Effect of dietary phosphor lipid and highly unsaturated fatty acids on the precocity, survival and growth of juvenile Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Aqu Res, 2011, 42(3): 457–468.

[44] Neira R, Lhorente J P, Araneda C, et al. Studies on carcass quality traits in two populations of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): phenotypic and genetic parameters[J]. Aquaculture, 2004, 241: 117–131.

[45] Grahl-Nielsen O, Jacobsen A, Christophersen G, et al. Fatty acid composition in adductor muscle of juvenile scallops (*Pecten maximus*) from five Norwegian populations reared in the same environment[J]. Biochem Sys Ecol, 2010, 38: 478–488.

Comparative studies of the morphology and biochemical composition of wild juvenile Chinese mitten crabs from the Yangtze River, Yellow River and Liaohe River systems

LU Yi[1, 2], WU Xugan[1, 2], HE Jie[1, 2], WANG Chun[1, 2], LI Xiaodong[3], LIU Naigeng[3], WANG Youpeng[4], CHENG Yongxu[1, 2]

1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education; Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
2. Collaborative Innovation Center of Aquatic Animal Breeding Center certificated by Shanghai Municipal Education Commission; Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
3. Panjin Guanghe Crab Co. Ltd., Panjin 124200, China;
4. Suqian Xubang Fisheries Science and Technology Co. Ltd., Sihong 223900, China

Abstract: The Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, is an important aquaculture species in China that is widely distributed in the east Pacific coast of China, from 24°N northwards to the Korean Peninsula, 42–43°N, from 112° to 114°E. Its high market demand, favorable taste and significant advances in hatchery and grow-out techniques have resulted in this crab being cultured widely in ponds, reservoirs and lakes throughout China since the 1990s. As a consequence, aquaculture yields have steadily increased over the past decades, from 8000 t in 1991 to approximately 729900 t in 2013. The main culture areas are located in the three principal drainage basins, i.e. the Liaohe, Yellow and Yangtze Rivers. The Yangtze delta is the largest culture area among the three drainage basins. Although pond-reared populations of *E. sinensis* originated from their native habitats, i.e. the Liaohe, Yellow and Yangtze Rivers, the Yangtze population generally had the largest body size of adult crabs, the best growth performance and the best taste among three populations. Therefore, pond-reared populations of *E. sinensis*, originating from the wild Yangtze population, have become the common and major culture population in Middle and East China. Inbreeding depression and adverse selection for smaller-sized crabs eventually resulted in the genetic degeneration of pond-reared *E. sinensis*. Moreover, the blind introduction and culture of different populations of *E. sinensis* in their native habitat has led to hybrid germplasms for pond-reared populations. Previous studies have shown that wild crab seeds of juvenile *E. sinensis* showed different culture performance in ponds, and the wild crab seeds from the Yangtze River system generally had the best performance and attracted the highest price among these wild populations. However, to date, there is no reliable discrimination method to identify the origins of wild crab seeds from different rivers. Therefore, the current study was designed to investigate the differences and similarities of wild juvenile crabs from the three river systems. Based on morphological measures and biochemical analyses, we determined and compared the morphological parameters, hepatosomatic index (HSI), proximate composition, lipid composition and fatty acid composition of wild juvenile crabs from the three river systems. The results showed that: (1) significant differences in morphological characteristics were observed for wild juvenile crabs from the three river systems, including 12 and 18 morphological indices for female and male crabs, respectively. However, their coefficient of variation did not reach the threshold value for the subspecies. Cluster analysis showed that the wild juveniles from the Yangtze and Yellow Rivers were pooled and separated into one group, while the wild crabs from Liaohe River were divided into another group. (2) Based on the 7–10 indices with high contribution to the discrimination of wild juveniles from the three populations, different discrimination equations were established for female and male crabs of each population, respectively. The overall accuracy of discrimination was 87.5%. (3) The wild juvenile female crabs from Yangtze River had the highest HIS, while the lowest was found in the males from Liaohe River; female crabs from the Liaohe population contained higher moisture and protein levels in their hepatopancreas, while females of the Yangtze population had the lowest moisture, crude protein and carbohydrate contents. The wild crabs from Liaohe River had the highest moisture content in their body muscle, while the crabs from Yangtze River contained the highest body crude protein and total lipid contents, but the lowest carbohydrate levels. (4) For the lipid composition, except for the hepatopancreas of male crabs, the triglyceride levels in the tissues of Yangtze crabs were significantly higher than those of the other two populations, while the tissue of the Yellow River crabs had lower free fatty acid and cholesterol contents, but the highest levels of phospholipids. (5) The Yellow River crabs had the lowest levels of 18 : 1n9 and 18 : 2n6 in the hepatopancreas and body muscle, but the highest contents of 20 : 5n3 and 22 : 6n3. Overall, the hepatopancreatic differences in fatty acid composition among crabs of the three river systems were higher than those in the body muscle. In conclusion, there were significant differences in morphological indices and biochemical composition in the wild juvenile *E. sinensis* from the three river systems, which might be related to their growth environment, natural diets and heredities. These results not only provide useful information for the discrimination of wild seeds from the Liaohe, Yellow and Yangtze Rivers, but also contribute to the evaluation of wild germplasm resources and the rational utilization of natural resources of wild *E. sinensis*.

Key words: *Eriocheir sinensis*; wild-caught juvenile; Yangtze River; Yellow River; Liaohe River; morphology; bio-chemical composition

Corresponding author: CHENG Yongxu. E-mail: yxcheng@shou.edu.cn