

文章编号:1000-0615(2004)01-0015-08

## 中华鳖七群体体形和腹部黑斑图案的差异比较

李思发<sup>1</sup>, 蔡完其<sup>1</sup>, 刘至治<sup>1</sup>, 付立霞<sup>1</sup>, 王成辉<sup>1</sup>, 季高华<sup>1</sup>,  
朱 津<sup>2</sup>, 顾忠明<sup>2</sup>, 宋晓平<sup>2</sup>

(1. 上海水产大学农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 200090

2. 上海市东风农场养鳖场, 上海 202177)

**摘要:**对我国中华鳖代表性 7 个地方群体的成鳖阶段和后备亲鳖阶段的体形和腹部黑斑图案进行了比较和分析。(1)把包括背甲周长、背甲宽、裙边后侧宽等 16 个参数转化为以背甲长为基数的 15 项比例性状进行多元函数分析。聚类分析表明,太湖鳖和崇明鳖较近,黄河鳖和淮河鳖较近,洞庭湖鳖和鄱阳湖鳖较近。主成份分析表明,把 7 群体一起分析的绘图,相互覆盖较多,不易分清;若是取 3 个群体,如对黄河鳖、洞庭湖鳖及太湖鳖分析绘图,则趋同性和趋异性十分清楚。判别分析表明,7 群体的判别准确率在 44%~73% 之间,黄河鳖群体的判别准确率最高;(2)裙边宽度是中华鳖的重要经济指标。黄河鳖、淮河鳖及洞庭湖鳖的裙边均较宽而厚,其裙边后侧宽/背甲长之比超过 7 群体总平均值 1~4.6 个百分点;(3)中华鳖体色存在群体间固有的差异。首先表现在腹部的黑色斑块的有无和多少上,在后备亲鳖阶段,黄河鳖腹部全白的比例达 100%,洞庭湖鳖和鄱阳湖鳖及淮河鳖腹部全白的比例在 80%~90%;太湖鳖、崇明鳖及台湾鳖腹部全白的比例仅 12%~22%。其次表现在腹部黑色斑块的出现频率和黑色程度有从黄、淮河流域和长江中游水域向长江下游水域及台湾增高、增强的明显趋势。黄河鳖、淮河鳖、洞庭湖鳖及鄱阳湖鳖是为“玉鳖”群,太湖鳖、崇明鳖及台湾鳖是为“花鳖”群。中华鳖腹部黑色斑块图案,是既受遗传控制,也受环境影响,还受遗传-环境相互作用的复杂表型。

**关键词:**中华鳖;群体;体形;黑斑;差异

**中图分类号:**S917 **文献标识码:**A

## Comparative study on variation of body shape and belly black spot pattern among seven populations of *Trionyx sinensis*

LI Si-fa<sup>1</sup>, CAI Wan-qi<sup>1</sup>, LIU Zhi-zhi<sup>1</sup>, FU Li-xia<sup>1</sup>, WANG Cheng-hui<sup>1</sup>, JI Gao-hua<sup>1</sup>,  
ZHU Jin<sup>2</sup>, GU Zhong-ming<sup>2</sup>, SONG Xiao-ping<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecosystem, Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China; 2. Soft-Shelled Turtle Farm of Dongfeng Farm, Shanghai 202177, China)

**Abstract:** For the seven representative populations of soft-shelled turtle (*Trionyx sinensis*) in China, the body shape and belly black spot pattern in adult stage and premature stage were compared and analyzed. (1) Body shape including 16 parameters, such as, back shell circle length, skirt lateral width etc., were transformed into 15 meristics characters based on the total length of back shell, then analyzed by multiple variation analysis. Cluster analysis showed that the Taihu Lake turtle and Chongming island turtle grouped together, Yellow River turtle and Huai River turtle grouped together, Dongting Lake turtle and Poyang Lake turtle grouped together. The

收稿日期:2002-11-22

资助项目:上海市水产办“中华鳖养殖业持续发展研究”项目(科 0095)

作者简介:李思发(1938-),男,江苏镇江人,上海水产大学首席教授,博士生导师。主要从事水产动物种质资源与种苗工程的研究。Tel:021-65710333, E-mail: lsf038@mail.online.sh.cn

principal analysis could show the unified point and diversified point clearly when three populations were plotted together, such as Yellow River turtle, Dongting Lake turtle and Taihu Lake turtle. (2) The skirt width and thickness is the most important economic criterion for turtle, the ratio of skirt lateral width/back shell length of Yellow River turtle, Huai River turtle and Dongting Lake turtle was 1% - 4% wider than the average of 7 populations. (3) There are an inherent difference among populations in the belly black spot pattern. Firstly, it presented on the existence and number of black spots on the belly. During the premature stage, percentage of non-spot individuals reached 100% in Yellow River turtle, 80% - 90% in Dongting Lake turtle, Poyang Lake turtle and Huai River turtle, and 12% - 22% in Taihu Lake turtle, Chongming Island turtle and Taiwan Island turtle. Secondly, it showed an increasing trend both in appearing frequency and blackness of black spots from the basin of the Yellow River, Huai River and the middle reaches of the Yangtze River to the lower reaches of the Yangtze River and Taiwan. The turtle from Yellow River, Huai River, Dongting Lake and Poyang Lake belong to "jade belly" turtle group; the turtle from Taihu Lake, Chongming Island and Taiwan Island belong to "black spots belly" turtle group. The black color pattern is a complicated phenotype controlled by the genetic factor, influenced by the environment factor and also affected by the interaction of genetic-environment.

**Key words:** *Trionyx sinensis*; populations; body shape; color pattern; variation

中华鳖 (*Trionyx sinensis*) 在我国自然分布颇广, 除西藏、青海及新疆外, 其它各省(区)都有分布<sup>[1]</sup>, 越南、日本、朝鲜等邻国也有分布<sup>[2]</sup>。鳖类动物在地球上已生活了约 2.5 亿年<sup>[2]</sup>, 但对中华鳖的种质资源, 迄今只有很少的研究<sup>[3-6]</sup>。种质是产业的源头, 我们对我国代表性的中华鳖各地方群体从形态、生长、繁殖及遗传特征等方面开展了系列研究。本文是继“中华鳖七群体稚鳖一成鳖阶段养殖性能评估”<sup>[7]</sup>后的第二篇报道。

## 1 材料与方 法

### 1.1 代表性中华鳖群体的采集

在长江、淮河、黄河三流域及台湾省, 采集对我国养鳖业有一定影响的代表性群体。长江流域的从其中、下游及河口地区的洞庭湖、鄱阳湖、太湖及崇明岛采集(以下分别简称为洞庭湖鳖、鄱阳湖鳖、太湖鳖、崇明鳖), 黄河流域的从其河口地区采集(以下简称为黄河鳖), 淮河流域的从其中游的蚌埠采集(以下简称为淮河鳖), 此外, 还有来自台湾岛的台湾鳖。洞庭湖鳖来自湖南长沙国家级中华鳖原种场, 鄱阳湖鳖来自江西鄱阳湖省级中华鳖良种场, 太湖鳖来自浙江嘉善中华鳖养殖场, 崇明鳖来自上海崇明岛, 淮河鳖来自安徽蚌埠省级中华鳖良种场, 黄河鳖来自山东广饶中华鳖养殖场。除台湾鳖的驯养代数不明外, 对大陆 6 个群体的产地均经实地调查选定, 为原种在养殖场的第 1 代。

### 1.2 试验设计

为避免生态环境和养殖环境差异对鳖体型、体色比较分析的影响, 成鳖样本都出自一栋暗式温室, 后备亲鳖均出自室外土池。为避免不同发育阶段对体形和体色比较分析的影响, 取成鳖(350 日龄左右)和后备亲鳖(近 800 日龄)两个阶段的个体进行研究。

中华鳖 7 群体稚鳖(日龄 1d, 平均体重 3.5 g)到成鳖阶段(日龄 350d, 体重范围 400 ~ 500g)在同一栋暗式温室水泥池内饲养, 成鳖到后备亲鳖阶段(日龄 800d, 体重范围 800 ~ 1000g)在室外土池中饲养。温室饲养情况是, 选择面积一致(12m<sup>2</sup>)、水深一致(早期 0.15m, 后期 0.35m, 逐步加深)、温度稳定(30 ± 1℃)的鳖池, 采用完全随机区组设计, 按 7 个群体, 每群体 4 个重复, 每池各放仔鳖 240 只, 折合每平方米 20 只。大池饲养情况是, 每池水面 667m<sup>2</sup>, 水深约 1.0m。每群体各一只池。日投饲量(体重的百分数)为, 稚鳖期 3%, 幼鳖期 2%, 成鳖期 1.5%, 后备亲鳖期 1.5%。使用大地牌中华鳖专用饲料。

### 1.3 体形、腹部黑斑测定

在稚鳖到成鳖阶段的生长试验结束时(2001 年 7 月 9 - 10 日), 每群体所有鳖按性别逐个称量体重, 随机取雌鳖、雄鳖各 16 只, 测定以下 16 项参数: 背甲周长、背甲长、背甲宽、体高、裙边后侧宽、裙边厚、腹甲长、腹甲宽、腹甲凹宽、头长、头宽、鼻宽、眼间距、前肢长、后肢长、尾长(图 1); 同

时观察体色。中华鳖腹部的代表性黑斑有 7 块,构成一定的图案,遵循一定的模式,各块黑斑分布如图 2 所示。对每只鳖背、腹部用数码相机拍摄

归档,对色斑的有无、块数及深浅予以统计分析。后备亲鳖的测定在 2002 年 9 月 22 - 25 日进行,方法基本同上,但对全部鳖一一观察拍摄体色。

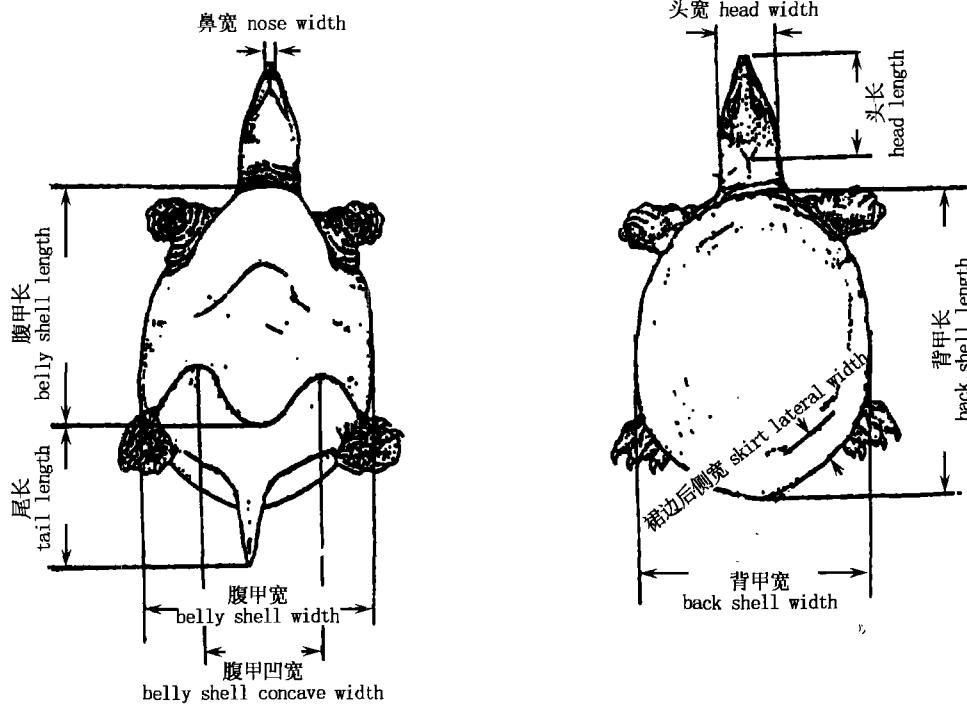


图 1 中华鳖外形测量示意图

Fig.1 Morphological measurement of *Trionyx sinensis*

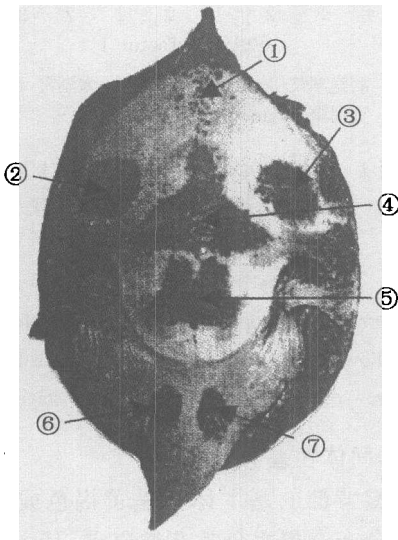


图 2 中华鳖腹部黑斑图案和代表性黑斑位置

Fig.2 Position of the representative black spots on the belly of *T. sinensis*

### 1.4 数据整理和分析

(1)以背甲长为基数,把以上各参数装转化为比例性状,如背甲宽/背甲长、裙边后侧宽/背甲长等,共 15 项。进行聚类分析、判别分析和主成分分析。

(2)统计各群体各个体腹部黑色斑块的有无、块数及深浅的频率。

(3)群体间差异显著性用方差分析(ANOVA)、均值多重比较分析(LSD)以及两样本均值差异显著性检验方法(paired - sample t - test)进行分析<sup>[8,9]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 群体间体形差异

聚类分析结果:成鳖阶段的分析(图 3,上)表明,太湖鳖和崇明鳖较近,黄河鳖和淮河鳖较近,洞庭湖鳖和鄱阳湖鳖较近。后备亲鳖的聚类分析结果(图 3,下)也把太湖鳖和崇明鳖聚在一起,黄

河鳖和淮河鳖聚在一起,洞庭湖鳖和鄱阳湖鳖聚在一起。台湾鳖在成鳖阶段和后备亲鳖阶段的聚类分析位置不太一致,将在讨论里予以分析。

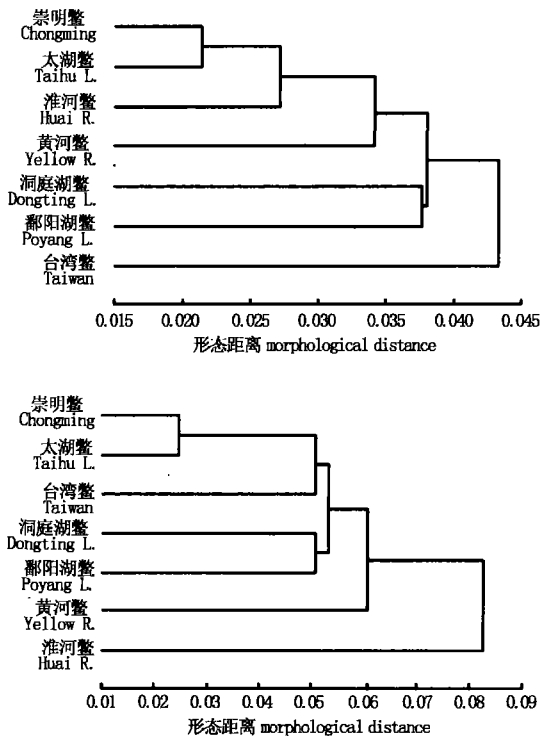


图3 中华鳖7群体成鳖阶段(上)和后备亲鳖阶段(下)形态关系聚类分析

Fig.3 Cluster analyses in morphology of 7 populations of *T. sinensis*

during grow out stage (up) and premature stage (low)

主成份分析结果:图4为成鳖(上)和后备亲鳖(下)阶段黄河鳖、洞庭湖鳖及太湖鳖3群体的主成份分析图,其趋同性和趋异性十分清楚。如把7个群体一起作图,由于点线太密,不易看清,本文仍舍繁就简,仅列示上述3群体的主成份分析图(图4)。

判别分类分析结果:成鳖和后备亲鳖两阶段平均判别准确率以黄河鳖群最高(73%),洞庭湖鳖、台湾鳖群次之(分别为65%、60%),淮河鳖群和太湖鳖群较差(分别为45%、44%)(表1)。

黄河鳖、淮河鳖及洞庭湖裙边较宽而厚,裙边后侧宽/背甲长的比值超过7群体总平均值1~4个百分点(图5)。黄河鳖的裙边后侧宽/背甲长的比值最大,达18%左右。

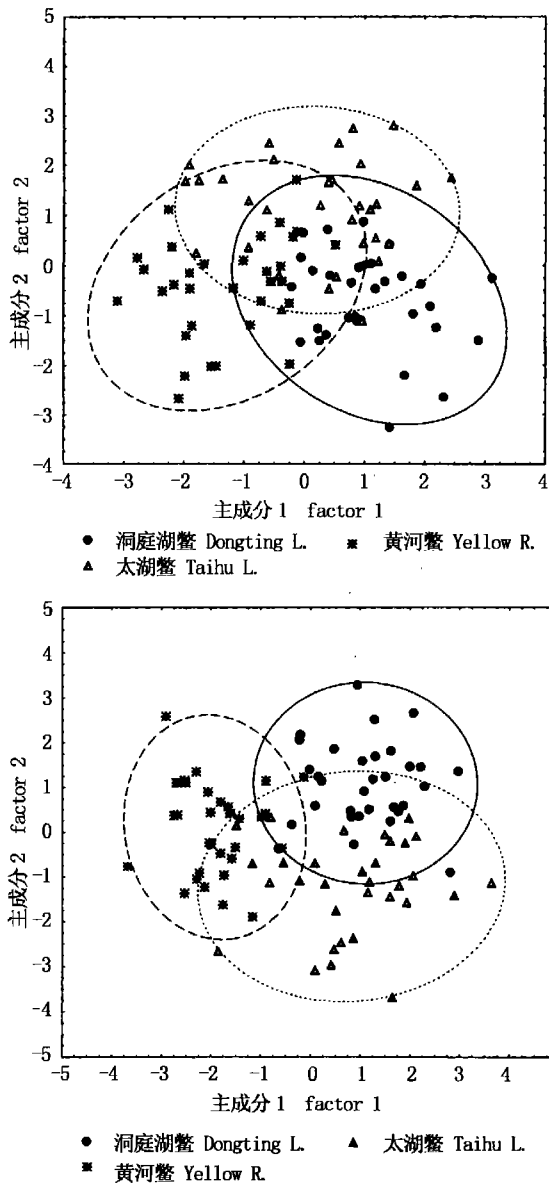


图4 中华鳖黄河群体、洞庭湖群体及太湖群体成鳖阶段(上)和后备亲鳖阶段(下)形态主成份分析关系

Fig.4 Principal analyses in morphology of 3 representative populations of *T. sinensis* from the Yellow River, Dongting Lake and Taihu Lake, during grow out stage (up) and premature stage (low)

2.2 群体间体色差异

中华鳖背部的基本体色是黄褐色或土黄色,不规则地分布有黑褐色雪花样斑点;其中,黄河鳖背部呈较清爽的土黄色,黑褐色雪花样斑点较少;淮河鳖、洞庭湖鳖及鄱阳湖鳖的背部也都基本上呈黄褐色或土黄色,黑褐色雪花样斑点不多;太湖鳖、崇明鳖及台湾鳖的背部基本上是略带青黑的

黄褐色或土黄色,黑褐色雪花样斑点较多。由于斑点分布不规则,不便进行定量分析。

表 1 中华鳖 7 群体成鳖阶段和后备亲鳖阶段群体属性的判别结果

Tab.1 Discriminated results for the population's origin from discrimination matrix of 7 populations of *T. sinensis* during grow out stage and premature stage

群体 population	黄河鳖 Yellow R.	淮河鳖 Huai R.	洞庭湖鳖 Dongting L.	鄱阳湖鳖 Poyang L.	太湖鳖 Taihu L.	崇明鳖 Chongming	台湾鳖 Taiwan	均值 average
成鳖 grow-out stage								
雄性♂	59	44	53	50	44	50	67	52
雌性♀	60	25	69	69	50	25	53	50
均值 average	60	35	66	60	47	38	60	51
后备亲鳖 premature								
雄性♂	75	50	69	38	56	50	63	57
雌性♀	94	61	56	63	25	63	56	52
均值 average	85	55	63	51	41	57	60	55
总平均	73	45	65	56	44	48	60	

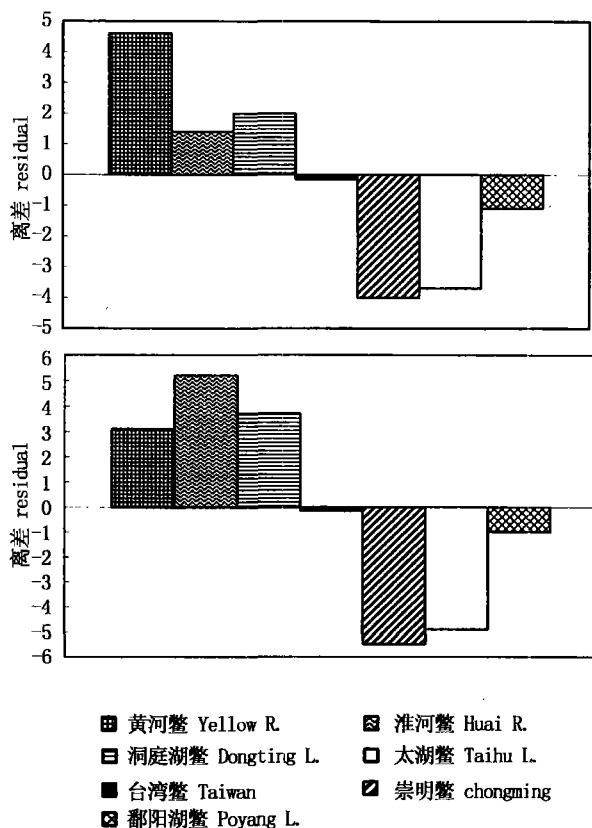


图 5 中华鳖 7 群体成鳖阶段(上), 后备亲鳖阶段(下)裙边后侧宽/背甲长比值的离差 [(某群体均值 - 七群体均值)/七群体均值 × 100]

Fig.5 Residuals [(Mean of a population-pooled erage of 7 populations)/pooled average of 7 populations × 100] of the ratio of skirt lateral width/back shell length of 7 populations of *T. sinensis* during grow out stage (upper) and premature stage (low)

中华鳖腹部的底色为黄白色,常有黑色斑块,其中 1~7 号黑斑(图 2)的出现和分布较有规则,常组成一定图案。在同一个体,这些黑斑的深浅还与年龄及生活环境,主要是底质有关。黑斑通常在年幼时较黑,年长时较淡、甚至消失;生长栖息于沙底环境的鳖的黑斑较淡,生长栖息于泥底环境里的鳖的黑斑较深。本研究仅探讨群体间的异同,即各群体固有的、内在的特性。

研究发现,中华鳖不同群体的腹部图案有显著差异,表现在图案的有无及黑色斑块的多少上。在 7 块黑色斑块中,2、3、4 及 5 是最常见的斑块。就图案的有无而言,在后备亲鳖阶段,黄河鳖腹部全白的为 100%,洞庭湖鳖、鄱阳湖鳖及淮河鳖腹部全白的分别达 92%、84% 及 83%;崇明鳖、太湖鳖及台湾鳖腹部全白的比例仅 23%、17% 及 12%(表 2)。就腹部 7 块黑斑的出现频率来说,水系间和南北间的差异十分明显。如在后备亲鳖阶段,黄河鳖为 0,淮河鳖为 9%,洞庭湖鳖为 2.4%,鄱阳湖鳖为 8.4%,太湖鳖为 50.9%;崇明鳖为 48%;台湾鳖最高,达 68%。概括说来,中华鳖腹部的黑色斑块的出现频率有明显地从黄河、淮河到长江,从长江中游向长江下游及台湾增多的趋势。

同后备亲鳖阶段相比,7 群体成鳖阶段腹部的图案和各黑色斑块的出现率都高得多,7 块黑斑的总出现率在后备亲鳖阶段为 51.2%,成鳖阶段为 25.7%(表 3),表明黑色斑块有随着年龄的增大而减少和变淡的趋向。这一年龄间的差异在

不同群体基本相似。

表 2 中华鳖 7 群体成鳖和后备亲鳖阶段腹部全白(无黑色斑块)的百分率

Tab.2 Percentage of white belly (non black spots) in 7 populations of *T. sinensis* during grow out and premature stages

群体 population	成鳖 grow out	后备亲鳖 premature	群体 population	成鳖 grow out	后备亲鳖 premature
黄河鳖 Yellow R.	25	100	淮河鳖 Huai R.	19	82.8
洞庭湖鳖 Dongting L.	63	92.4	鄱阳湖鳖 Poyang L.	56	84.3
太湖鳖 Taihu L.	3	17.3	崇明鳖 Chongming	3	22.5
台湾鳖 Taiwan	0	11.7			

表 3 中华鳖 7 群体成鳖阶段(斜杠左侧数据)和后备亲鳖(斜杠右侧数据)阶段腹部各黑色斑块的出现频率

Tab.3 Appearing frequency of 7 belly black spots in 7 populations of *T. sinensis* during grow out(left number of slash)and prematurely stage(right number of slash)

群体 population	斑块 1 spot 1	斑块 2 spot 2	斑块 3 spot 3	斑块 4 spot 4	斑块 5 spot 5	斑块 6 spot 6	斑块 7 spot 6	平均 average
成鳖 grow out/后备亲鳖 premature								
黄河鳖 Yellow R.	13/0	75/0	75/0	53/0	66/0	13/0	13/0	44.0/0
淮河鳖 Huai R.	9/3	72/15	75/15	69/17	66/19	31/0	31/0	50.4/9.9
洞庭湖鳖 Dongting L.	22/1	28/4	28/4	19/4	16/3	13/0.1	13/0.2	19.9/2.1
鄱阳湖鳖 Poyang L.	16/3	38/14	38/14	31/14	25/11	34/1	34/2	30.1/8.4
太湖鳖 Taihu L.	38/58	97/80	97/81	78/80	78/78	56/6	56/6	71.4/55.6
崇明鳖 Chongming	50/28	78/76	91/76	72/71	78/69	38/9	38/9	80.4/48.3
台湾鳖 Taiwan	13/31	97/85	97/86	69/76	78/78	97/34	97/34	78.3/60.6
平均 average	23.0/12.6	69.3/39.1	71.6/39.4	55.9/37.4	58.0/36.9	40.3/7.2	40.2/7.3	51.2/25.7

### 3 讨论

在分布于我国广袤大地的中华鳖的不同群体中,必然存在丰富的遗传多样性,因而存在可供养殖生产和遗传选育研究发掘并利用的种质差异。蔡完其等<sup>[5,6]</sup>报道过中华鳖太湖群体和台湾群体在生长产性能和非特异性免疫功能方面的差异,李思发<sup>[3,4]</sup>报道过华东地区中华鳖 4 个地方群体的形态差异和群体的 mtDNA 多态分析。最近,我们进一步对分布在黄河、长江中、下游以及台湾的 7 个群体进行系统研究,包括形态、生长及遗传特征等方面,发现这 7 个群体间在生长速度和群体产量上存在显著差异<sup>[7]</sup>,以及群体特有的分子遗传标志<sup>①</sup>。

裙边是中华鳖的最重要的可食部分。黄河鳖、淮河鳖及洞庭湖裙边较宽而厚,裙边后侧宽/背甲长的比值在 16%~18%之间,超过 7 群体总

平均值 1~4 个百分点。如进一步予以定向选育,可望获得裙边更宽更厚的优质鳖。

从生物学角度看,黑色斑块与皮肤细胞中所含一种由黑色素细胞产生的有色分子(黑素)有关,这是一种尚不为人知的生理生化机制,在不同的发育阶段发挥作用。腹部的这些斑块在刚刚孵出的仔鳖就出现了,这时候,黑色斑块在各群体都普遍出现,而且较黑。也就是说,中华鳖的黑色素细胞在胚后发育阶段的激活程度较大。然而,随着鳖的成长,腹部黑色斑块逐渐变淡,在黄河鳖、淮河鳖、洞庭湖鳖及鄱阳湖鳖的亲鳖中,绝大部分个体腹部无黑色斑块,呈粉玉色。而在太湖鳖、崇明鳖及台湾鳖中,大部分个体几乎都不同程度地终生保持着黑色斑块,只是黑色的程度随成长而趋淡。这表明,中华鳖黑色斑块的有无和多少,存在着地方种群的固有的遗传性,以一定的图案表达。在表达中,也受相当大的环境因子的影响,还

①刘至治,李思发,蔡完其. 中华鳖五群体遗传差异的 RAPD 分析[J]. 水产学报, 2003.

有遗传—环境互作的影响。

综合形态、尤其是腹部的图案和各黑色斑块的有无及出现频率,可将黄河鳖、淮河鳖、洞庭湖鳖及鄱阳湖鳖归为一组,是腹部基本上为粉玉色

的中华鳖,是为“玉鳖”群;而太湖鳖、崇明鳖及台湾鳖可归为另一组,属绝大多数个体腹部黑色斑块明显的“花鳖”群。

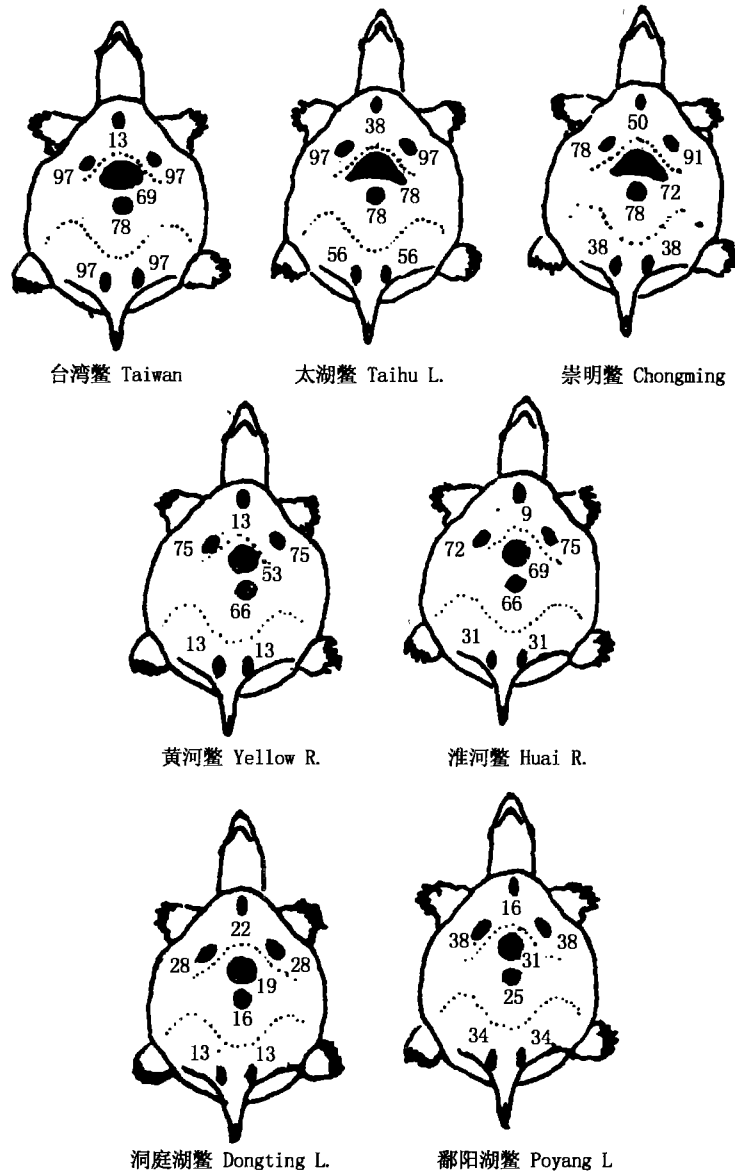


图 6 中华鳖 7 群体成鳖阶段腹部 7 块黑斑的出现频率图案, 每块黑斑旁边的数字代表其出现频率

Fig.6 Appearing frequency of 7 black spots on the belly of 7 populations of *T. sinensis* during grow out stage. The numbers near the black spots represent their appear frequencies

在试验过程中,上海市东风农场养鳖场杨飞、张益群和张卫超等同志参加部分工作,特此致谢。

参考文献:

[1] Wang P C. Testudines of China [M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2000. 55 - 56. [王培潮. 中国的龟鳖

- [M].上海:华东师范大学出版社,2000.55-56.]
- [2] Yang D Y, Tang D Y, Liu S Y, et al. Color atlas of testudinales of China[M]. Guangzhou: Guangdong Economic Press, 1997. 48.[杨渡远,唐大由,刘顺元,等.中国龟鳖类原色图谱[M].广州:广东经济出版社,1997.48.]
- [3] Li S F, Lu G Q, Li C H, et al. MtDNA polymorphism analysis of local populations of soft-shelled turtle from East China[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1997, 4(3):1-6.[李思发,吕国庆,李晨虹,等.华东地区中华鳖三个地方群体的mtDNA多态分析[J].中国水产科学,1997,4(3):1-6.]
- [4] Li S F, Li C H, Lui G Q. A primary study on morphological diversity of local populations of soft-shelled turtle in East China [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1997, 4(5):1-7. [李思发,李晨虹,吕国庆.华东地区中华鳖地方群体形态差异初步研究[J].中国水产科学,1997,4(5):1-7.]
- [5] Cai W Q, Li S F, Zhao J L, et al. A comparative study on growth performance between populations of Taihu Lake and Taiwan of soft-shelled turtle (*Trionyx sinensis*) [J]. Fisheries Science & Technology Information, 1998, 25(6): 250-253. [蔡完其,李思发,赵金良,等.中华鳖太湖群体和台湾群体的生长比较研究[J].水产科技情报,1998,25(6):250-253.]
- [6] Cai W Q, Gong X W, Sun P F. Comparison on the functions of nonspecificity immunity between Taihu lake population and Taiwan population of soft-shelled turtle (*Trionyx sinensis*) [J]. Acta Hydrobiologica Sinca, 2001, 25(1):295-297. [蔡完其,官兴文,孙佩芳.中华鳖太湖群体和台湾群体非特异性免疫功能比较[J].水生生物学报,2001,25(1):25-297.]
- [7] Cai W Q, Li S F, Liu Z Z, et al. Evaluation of aquaculture performance of seven populations of *Trionyx sinensis* from larvae to adult stage[J]. J Fish China, 2002, 26(5):433-439. [蔡完其,李思发,刘至治.中华鳖七群体稚鳖一成鳖阶段养殖性能评估[J].水产学报,2002,26(5):433-439.]
- [8] Lin D G. Mathematic principles of biostatistics[M]. Shenyang: Liaoning People's Press.68-168. [林德光.生物统计的数学原理[M].沈阳:辽宁人民出版社.68-168.]
- [9] Zar J H. Biostatistical analysis[M]. Prentice-hall, Inc. 1974. 620.