

## 中华鳖鄱阳湖品系和黄沙品系及其杂交后代的主成分分析和判别分析

阙江龙<sup>1,2</sup>, 付辉云<sup>1\*</sup>, 张燕萍<sup>1</sup>, 刁宏斌<sup>3</sup>, 贺刚<sup>1</sup>

(1. 江西省水产科学研究所, 江西南昌 330039; 2. 江西省水生生物保护救助中心, 江西南昌 330096; 3. 江西省峡江县渔业局, 江西峡江 331400)

**摘要** 通过测量中华鳖黄沙品系、鄱阳湖品系及其杂交后代的9项形态学性状, 采用主成分分析和逐步判别分析方法比较不同品系中华鳖的外部形态特征。主成分分析表明, 构建的3个主成分累计贡献率为73.60%, 第一、二、三主成分分别反映体型特征、裙边特征和眼部特征, 方差贡献率分别为38.36%、24.20%和11.04%。利用逐步判别分析法创建了3个品系的判别函数, 初始验证判别准确率分别为73.3%、76.7%和66.7%。受遗传因素的影响, 杂交鳖与亲本鳖的误判率较高。判别分析显示, 中华鳖黄沙品系和鄱阳湖品系的初始验证判别准确率分别为93.3%和96.7%。该研究证实了体型、裙边等因子是影响中华鳖生长的重要指标, 建立的中华鳖黄沙品系和鄱阳湖品系判别方程效果良好, 为中华鳖黄沙品系与鄱阳湖品系亲本的杂交选育提供了理想的测量指标和理论依据。

**关键词** 中华鳖; 形态分析; 主成分分析; 判别分析

中图分类号 S966.5 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)08-0077-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.08.021



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Principal Component Analysis and Discriminant Analysis of Poyang Lake Strain, Huangsha Strain of *Pelodiscus sinensis* and Their Hybrid Offsprings

QUE Jiang-long<sup>1,2</sup>, FU Hui-yun<sup>1</sup>, ZHANG Yan-ping<sup>1</sup> et al (1. Fisheries Science Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang, Jiangxi 330039; 2. Jiangxi Protection and Rescue Center of Hydrobiology, Nanchang, Jiangxi 330096)

**Abstract** Nine morphological traits of Huangsha strain, Poyang Lake strain of *Pelodiscus sinensis* and their hybrid offsprings were measured, and the external morphological characteristics of different strains of *P. sinensis* were compared by using the methods of principal component analysis and discriminant analysis. The principal component analysis showed the cumulative contribution rate of three principal components was 73.60%, the contributory rates of the first, second, third principal components reflected body shape characteristics, apron width characteristics and eye characteristics respectively, their variance contribution rates were 38.36%, 24.20% and 11.04% respectively. The discriminant function of 3 strains were established by using stepwise discriminant analysis, the discriminant accuracy of Huangsha strain, Poyang Lake strain and their hybrid offsprings by initial test were 73.3%, 76.7% and 66.7%, respectively. Under the influences of genetic factors, the misjudgment rate of hybrid and parent soft-shelled turtles were higher. The results of discriminant analysis showed that the discriminant accuracy of Huangsha strain and Poyang Lake strain by initial test were 93.3% and 96.7%, respectively. This study proved that the body shape and apron width were important morphological traits that affected the growth of *P. sinensis*, the established discriminant equation for Huangsha strain and Poyang Lake strain had good effects, which provided ideal measurement indices and theoretical basis for the hybrid breeding of Huangsha strain and Poyang Lake strain of *P. sinensis*.

**Key words** *Pelodiscus sinensis*; Morphological analysis; Principal component analysis; Discriminant analysis

中华鳖 (*Pelodiscus sinensis*) 隶属爬行纲 (Reptilia) 龟鳖目 (Testudinata) 鳖科 (Ternychidae) 鳖属, 俗称甲鱼、水鱼、团鱼、脚鱼等, 在俄罗斯、韩国、中国、日本、越南等国家有分布。中华鳖在我国分布较广, 除青海和西藏外, 在其他省(区、市)均有分布, 尤其在长江流域及华南地区较为常见<sup>[1]</sup>。我国主要的中华鳖养殖群体有北方鳖、黄河鳖、洞庭湖鳖、鄱阳湖鳖、太湖花鳖及黄沙鳖<sup>[2-3]</sup>, 这些品系虽然还未分化为亚种, 但因我国疆域辽阔, 东西南北跨度大, 环境差异大, 各地分布的中华鳖群体在适应当地环境的长期过程中出现地理群体的分化, 在产量、生长速度、抗病力、营养品质等方面存在差异<sup>[4]</sup>。

主成分分析及判别分析方法已经被广泛用于鱼、虾、蟹和贝类不同群体的形态特征差异分析中, 且取得了一定的成效。唐瞻杨等<sup>[5]</sup>利用主成分分析和判别分析方法对不同月龄尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 的形态性状进行了分

析, 结果显示2~5月龄幼鱼的第一主成分均为增重因子, 各月龄第二、三主成分均不相同, 表明不同月龄尼罗罗非鱼的增重一直优先于形态性状的增长。李朝霞等<sup>[6]</sup>在中国对虾“黄海1号”选育群体与野生群体的比较中, 利用主成分分析构建了4个主成分, 建立了2个群体的判别函数, 综合判别率为70.67%。李勇等<sup>[7]</sup>以长江、瓯江和辽河的中华绒螯蟹幼蟹为研究对象, 利用9个形态参数进行判别分析, 构建了种群判别公式, 平均拟合概率为85.5%。魏开建等<sup>[8]</sup>对5种蚌类的形态变异进行了判别分析, 利用主成分分析构建了2个主成分, 并建立了褶纹冠蚌、三角帆蚌等5种蚌类的判别函数。

张燕萍等<sup>[9]</sup>将生长速度快、裙边宽的广西黄沙鳖与呈味氨基酸含量高、口感鲜美的赣江鄱阳湖鳖进行杂交, 所得杂交后代在肌肉营养成分上表现出杂交优势。笔者通过测定中华鳖黄沙品系、鄱阳湖品系及其杂交后代的9项形态学参数, 利用主成分分析及判别分析方法分析各品系中华鳖的形态特征差异及生长特征, 旨在为中华鳖黄沙品系与鄱阳湖品系的杂交选育提供技术依据和理论基础。

### 1 材料与方法

**1.1 材料** 中华鳖的广西黄沙鳖品系(简称“黄沙品系”)、赣江鄱阳湖鳖品系(简称“鄱阳湖品系”)、黄沙品系与鄱阳

**基金项目** 江西省重点研发计划项目(20192BBF60022); 江西省科技重点计划项目(20161BBF60104)。

**作者简介** 阙江龙(1988—), 男, 江西吉安人, 水产师, 硕士, 从事鱼类育种和渔业资源调查研究。\*通信作者, 研究员, 从事水产养殖研究。

**收稿日期** 2021-08-04; **修回日期** 2021-09-06

湖品系杂交后代(简称“杂交鳖”)均采自江西省峡江县生态甲鱼养殖专业合作社,测量样本为池塘养殖的3龄中华鳖,每个品系各30尾。

**1.2 形态学测量** 对中华鳖鄱阳湖品系、黄沙品系和杂交鳖的9项形态学性状进行测定,包括背甲宽(carapace width, CW)、背甲长(carapace length, CL)、后侧裙边(back apron width, BAW)、两侧裙边(side apron width, SAW)、腹甲宽(plastron width, PW)、腹甲长(plastron length, PL)、吻长(snout length, SL)、体高(shell height, SH)和眼间距(interorbital distance, ID)。使用游标卡尺测量形态学性状(精确度为0.01 cm),具体测定方法参考中华鳖国家标准(GB 21044—2007);使用电子天平(精确度为0.1 g)称重。

### 1.3 数据处理

**1.3.1 主成分分析** 使用SPSS 26.0统计软件对所测中华鳖的形态学性状进行正态分布检验。采用比例法<sup>[10]</sup>消除不同

大小个体所产生的误差,使各性状的传统形态测定值具有可比性。用测得的表型性状值除以中华鳖的背甲长得到校正值,再导入SPSS 26.0统计软件中,对中华鳖的形态学性状进行主成分分析,得到各主成分、初始特征值及被提取的主成分载荷值。

**1.3.2 判别分析** 利用SPSS 26.0统计软件通过逐步判别分析法建立中华鳖黄沙品系、鄱阳湖品系和杂交鳖的判别函数,根据判别函数对所有个体进行判别分析,按照以下公式计算判别准确率:判别准确率=正确判别的数量/测量总数量×100%。

## 2 结果与分析

**2.1 形态学性状** 正态分布检验结果表明,中华鳖鄱阳湖品系、黄沙品系及杂交鳖各形态学性状均符合正态分布。校正后中华鳖3个品系各形态学性状测定值见表1。

表1 中华鳖鄱阳湖品系、黄沙品系和杂交鳖各形态学性状的测定

Table 1 The morphological trait determination of Poyang Lake strain, Huangsha strain and their hybrid offsprings of *P.sinensis*

品系 Strain	CW/CL	PL/CL	PW/CL	SH/CL	BAW/CL	SAW/CL	SL/CL	ID/CL
鄱阳湖品系 Poyang Lake strain	0.820±0.038	0.800±0.040	0.720±0.043	0.300±0.018	0.150±0.016	0.070±0.015	0.110±0.008	0.040±0.003
黄沙品系 Huangsha strain	0.850±0.044	0.790±0.040	0.720±0.058	0.290±0.024	0.190±0.026	0.120±0.020	0.100±0.008	0.040±0.004
杂交鳖 Hybrid turtle	0.820±0.035	0.800±0.035	0.720±0.040	0.290±0.020	0.160±0.017	0.090±0.016	0.100±0.005	0.040±0.003

**2.2 主成分分析** 中华鳖各形态学性状主成分分析结果显示,共获得3个主成分,主成分的特征向量涉及8个性状(表2)。中华鳖各成分的特征值和累计贡献率见表3。在提取的3个主成分中,第一主成分对总方差的贡献率为38.36%,前2个主成分对总方差的累计贡献率为62.56%(第二主成分对总方差的贡献率为24.20%),前3个主成分对总方差的累计贡献率为73.60%(第三主成分对总方差的贡献率为11.04%)。

由表2~3可知,第一主成分的特征值为3.07,贡献较大的是腹甲长和腹甲宽,反映体型特征;第二主成分的特征值为1.94,贡献较大的是两侧裙边和后侧裙边,反映裙边特征;第三主成分的特征值为0.88,贡献较大的是眼间距,反映眼部特征。由表4可知,杂交鳖前3个主成分累计贡献率为77.91%,高于黄沙品系(76.01%)和鄱阳湖品系(73.77%)。

表2 中华鳖的各性状主成分分析

Table 2 Principal component analysis of each trait of *P.sinensis*

主成分 Principal components	CW/CL	PL/CL	PW/CL	SH/CL	BAW/CL	SAW/CL	SL/CL	ID/CL
1	0.690	0.808	0.871	0.708	-0.272	-0.140	0.624	0.445
2	0.501	0.099	0.017	-0.007	0.822	0.876	-0.367	0.312
3	-0.257	-0.124	-0.007	-0.339	-0.092	0.077	0.263	0.777

表3 中华鳖各成分特征值及方差贡献率

Table 3 Each component's eigenvalue and variance contribution rate of *P.sinensis*

成分 Component	初始特征值 Initial eigenvalues			被提取的载荷平方和 Extracted load sum of squares		
	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 Variance contribution rate//%	累计贡献率 Cumulative contribution rate//%	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 Variance contribution rate//%	累计贡献率 Cumulative contribution rate//%
1	3.07	38.36	38.36	3.07	38.36	38.36
2	1.94	24.20	62.56	1.94	24.20	62.56
3	0.88	11.04	73.60	0.88	11.04	73.60
4	0.62	7.70	81.30			
5	0.50	6.22	87.52			
6	0.44	5.56	93.08			
7	0.31	3.88	96.96			
8	0.24	3.04	100			

表 4 主成分特征值及主成分累计贡献率

Table 4 Principal component's eigenvalues and cumulative contribution rates of *P.sinensis*

品系 Strain	主成分特征值 Principal components' eigenvalues			主成分累计贡献率 Cumulative contribution rates of principal components//%		
	1	2	3	1	2	3
黄沙品系 Huangsha strain	3.49	1.43	1.16	43.61	61.52	76.01
鄱阳湖品系 Poyang Lake strain	3.49	1.50	0.91	43.65	62.39	73.77
杂交鳖 Hybrid turtle	3.94	1.27	1.01	49.31	65.23	77.91

**2.3 判别分析** 对中华鳖的 8 个形态比例性状进行逐步判别分析,筛选出对黄沙品系、鄱阳湖品系和杂交鳖有显著贡献的 3 个形态比例性状,分别为 BAW/CL(后侧裙边/背甲长)、SAW/CL(两侧裙边/背甲长)、SL/CL(吻长/背甲长),显著性检验显示  $P$  值小于 0.01,表明所选的判别函数效果良好。建立中华鳖 3 个品系的判别函数:

$$\text{黄沙品系} = 579.965\text{BAW/CL} + 242.833\text{SAW/CL} + 2\ 453.315\ \text{SL/CL} - 195.889 \quad (1)$$

$$\text{鄱阳湖品系} = 537.850\text{BAW/CL} + 105.360\text{SAW/CL} + 2\ 539.939\ \text{SL/CL} - 185.208 \quad (2)$$

$$\text{杂交鳖} = 534.673\text{BAW/CL} + 180.542\text{SAW/CL} + 2\ 406.816\ \text{SL/CL} - 176.668 \quad (3)$$

将中华鳖 3 个形态比例性状分别代入判别函数,对中华鳖 3 个品系进行判别分析,判别结果如表 5 所示。由表 5 可知,黄沙品系、鄱阳湖品系和杂交鳖的初始验证判别准确率分别为 73.3%、76.7%和 66.7%,交叉验证的判别准确率分别为 70.0%、73.3%和 60.0%。鄱阳湖品系和黄沙品系之间的错判率非常低,在黄沙品系的判别中错判为鄱阳湖品系的只有 1 尾,而在鄱阳湖品系的判别中错判为黄沙品系的为 0 尾。

表 5 中华鳖 3 个品系的判别结果

Table 5 Discriminant results of three strains of *P.sinensis*

方法 Method	品系 Line	预测数 Predicted number//尾			判别准确率 Discriminant accuracy//%		
		黄沙品系 Huangsha strain	鄱阳湖品系 Poyang Lake strain	杂交鳖 Hybrid turtle	黄沙品系 Huangsha strain	鄱阳湖品系 Poyang Lake strain	杂交鳖 Hybrid turtle
初始验证 Initial test	黄沙品系	22	1	7	73.3	3.3	23.3
	鄱阳湖品系	0	23	7	0	76.7	23.3
	杂交鳖	6	4	20	20.0	13.3	66.7
交叉验证 Cross-validation	黄沙品系	21	1	8	70.0	3.3	26.7
	鄱阳湖品系	0	22	8	0	73.3	26.7
	杂交鳖	6	6	18	20.0	20.0	60.0

为进一步分析黄沙品系和鄱阳湖品系之间的差异,对二者进行判别分析,得到 CW/CL(背甲宽/背甲长)、SAW/CL(两侧裙边/背甲长)、SL/CL(吻长/背甲长)3 个显著贡献的性状,从而得到以下判别函数:

$$\text{黄沙品系} = 439.651\text{CW/CL} + 410.07\text{SAW/CL} + 547.569\text{SL/CL} - 240.258 \quad (4)$$

$$\text{鄱阳湖品系} = 399.655\text{CW/CL} + 264.326\text{SAW/CL} + 756.487\text{SL/CL} - 215.498 \quad (5)$$

将中华鳖黄沙品系和鄱阳湖品系的 3 个性状分别代入公式(4)、(5)中,得到判别结果。黄沙品系和鄱阳湖品系初始验证的判别准确率分别为 93.3%和 96.7%,交叉验证的判别准确率分别为 90.0%和 96.7%(表 6)。

表 6 中华鳖黄沙品系和鄱阳湖品系的判别结果

Table 6 Discrimination results of Huangsha strain and Poyang Lake strain of *P.sinensis*

方法 Method	品系 Strain	预测数 Predicted number//尾		判别准确率 Discriminant accuracy//%	综合判别率 Comprehensive discrimination rate//%
		黄沙品系 Huangsha strain	鄱阳湖品系 Poyang Lake strain		
初始验证 Initial test	黄沙品系	28	2	93.3	95.0
	鄱阳湖品系	1	29	96.7	
交叉验证 Cross-validation	黄沙品系	27	3	90.0	93.3
	鄱阳湖品系	1	29	96.7	

### 3 讨论

利用统计分析方法分析水生动物各性状间的相关性时,若性状数量太多会增加分析问题的复杂性。水生动物选择

育种中希望得到更多的信息,同时变量数量要尽量少。多数情况下各变量之间存在一定的相关性,可以理解为多个变量重复反映了某一问题。主成分分析是通过降维处理的方式,

在尽可能减少原有信息的条件下,对之前提出的多个、具有相关性的指标转换成少量、不相关的、新的综合指标,从而化繁为简,更好地反映数据特征<sup>[11-12]</sup>。该方法已被广泛应用于分析水生动物的表型特征,在不同水域多种水生动物的生长规律和生长特征分析上取得了良好的应用<sup>[13-15]</sup>。窦亚琪等<sup>[14]</sup>采用主成分分析对翘嘴鲌的形态学性状和体重进行主成分分析,结果发现翘嘴鲌的第一主成分反映生长发育情况,第二主成分反映眼睛发育、头部发育和尾部发育情况。刘阳等<sup>[16]</sup>对中华鳖5个群体的16项生物学外部形态性状进行主成分分析,得到2个主成分:第一主成分反映整个形态特征,贡献率为51.93%;第二主成分反映背部、裙边和尾部特征,贡献率为11.02%。梁宏伟等<sup>[17]</sup>对中华鳖淮河品系、黄河品系和日本品系的主成分分析表明,体型因子为第一主成分,贡献率为43.65%;体高为第二主成分,贡献率为14.35%;裙边因子为第三主成分,贡献率为11.71%。该试验利用主成分分析研究中华鳖3个品系的8个形态比例性状,结果表明第一主成分反映腹甲宽等体型特征,说明影响鳖类生长发育的最重要指标为体型性状,体型增长优于其他性状;第二主成分贡献较大的是后侧裙边和两侧裙边,鳖类在体型增长的同时裙边开始加速发育。该研究结果与刘阳等<sup>[16]</sup>、梁宏伟等<sup>[17]</sup>研究结果略有差异,说明不同品系中华鳖选育时着重的形态学性状有所不同。主成分分析表明,在今后鄱阳湖品系与黄沙品系的亲本选育工作中应重点选择腹甲长和腹甲宽这2个体型性状,同时兼顾裙边性状。

在实际测定的数据中往往含有较多的因子,各因子间具有相关性,每一个因子的重要程度不同。逐步判别分析是对建立判别函数所依赖的各因子进行合理选择,既要考虑各入选因子的重要性,又要考虑每入选一个因子对已入选因子的影响,并及时对已入选因子进行剔除处理。这样不仅简化了函数形式,而且获得了更好的判别效果,能解决选择变量的有效性<sup>[7]</sup>。挑选最佳因子,建立判别函数,在中国明对虾<sup>[6]</sup>、中华绒螯蟹<sup>[7]</sup>、鲢<sup>[18]</sup>、银鲫<sup>[19]</sup>等水生动物的综合判别上已取得良好的应用效果。在中华鳖判别分析上,刘阳等<sup>[16]</sup>从16个筛选指标中抽选出9个对判别贡献较大的指标,确立了5个不同种群的判别函数,判别准确率为61.7%~89.5%;聚类分析和判别分析显示,5个群体共聚为2支。梁宏伟等<sup>[17]</sup>成功建立了淮河品系、黄河品系和日本品系中华鳖的判别函数,判别准确率分别为91.7%、75.0%和73.8%。该研究对中华鳖黄沙品系、鄱阳湖品系及其杂交鳖进行了判别分析,综合判别率为72.23%,与梁宏伟等<sup>[17]</sup>、刘阳等<sup>[16]</sup>研究结果相差不大,但明显低于蚌<sup>[8]</sup>、中华绒螯蟹<sup>[7]</sup>等的综合判别率。这主要是因为魏开建等<sup>[8]</sup>对5种蚌类进行研究,发现种间形态差异明显,判别准确率高。刘阳等<sup>[16]</sup>研究发现3个品系中华鳖的地理位置相距较远,形态差异较大。该研究中杂交鳖

亲本为鄱阳湖品系和黄沙品系,杂交后代遗传了二者的形态学性状,表型上与父母本相似<sup>[20]</sup>,所以在判别上容易将其误判为鄱阳湖品系或黄沙品系。对黄沙品系和鄱阳湖品系进行逐步判别分析,初始验证综合判别率高达95.0%,表明所得判别函数在实际应用时具有较高的参考价值。对8个形态比例性状进行逐步筛选剔除,最终保留3个判别能力显著的因子,剔除的形态比例性状分别为PL/CL、PW/CL、SH/CL、BAW/CL、ID/CL,这些性状被淘汰的原因可能是它们与其他体型性状间相关性非常高,致使判别能力不显著。

该研究结果表明腹甲长、腹甲宽等体型及裙边因子是影响中华鳖生长的重要指标。因此,在黄沙品系和鄱阳湖品系杂交亲本的选育中应将体型及裙边作为主选性状。同时,建立了黄沙品系与鄱阳湖品系的判别式,判别准确率高,判别效果良好。这些研究结果为黄沙品系与鄱阳湖品系亲本的杂交选育提供了理想的测量指标和理论依据。

## 参考文献

- [1] 杨萍,唐业忠,王跃招.中国鳖属的分类历史简述[J].四川动物,2011,30(1):156-159.
- [2] 戈阳,赵永锋,蒋高中.我国鳖产业发展现状与展望[J].江苏农业科学,2013,41(5):411-414.
- [3] 王苗苗,梅肖乐,冯子偃,等.太湖花鳖雌雄群体形态及遗传差异分析[J].江苏农业科学,2021,49(1):142-145.
- [4] 肖凤芳.中华鳖不同群体生长对比及形态性状对体质量的影响[D].南京:南京农业大学,2014.
- [5] 唐瞻杨,肖俊,李莉萍,等.尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)不同月龄性状的主成分与判别分析[J].海洋与湖沼,2012,43(2):288-293.
- [6] 李朝霞,李健,王清印,等.中国对虾“黄海1号”选育群体与野生群体的形态特征比较[J].中国水产科学,2006,13(3):384-388.
- [7] 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.
- [8] 魏开建,熊邦喜,赵小红,等.五种蚌的形态变异与判别分析[J].水产学报,2003,27(1):13-18.
- [9] 张燕萍,习宏斌,阙江龙,等.赣江中华鳖(♀)、黄沙鳖(♂)及杂交鳖F<sub>1</sub>代肌肉营养成分分析比较[J].江苏农业科学,2021,49(8):158-162.
- [10] 谢从新.鱼类学[M].北京:中国农业出版社,2014.
- [11] 李清华,郭耀煌.主成分分析用于多指标评价的方法研究——主成分评价[J].管理工程学报,2002,16(1):39-43.
- [12] 王芳.主成分分析与因子分析的异同比较及应用[J].统计教育,2003(5):14-17.
- [13] 黄建盛,陈刚,张健东,等.褐点石斑鱼不同月龄形态性状的主成分及通径分析[J].水产学报,2017,41(7):1105-1115.
- [14] 窦亚琪,梁旭方,易提林,等.翘嘴鲌不同月龄性状的主成分与判别分析[J].中国水产科学,2014,21(6):1116-1124.
- [15] 韩慧宗,姜海滨,王斐,等.许氏平鲈不同月龄选育群体形态性状的主成分与通径分析[J].水产学报,2016,40(8):1163-1172.
- [16] 刘阳,赵建,朱新平,等.中华鳖5个不同群体的形态差异分析[J].大连海洋大学学报,2013,28(2):174-178.
- [17] 梁宏伟,曹力欢,李翔,等.三个不同品系中华鳖形态差异分析[J].淡水渔业,2017,47(4):91-96.
- [18] 梁宏伟,李忠,罗相忠,等.长丰鲢与长丰鲢形态差异与判别分析[J].水生生物学报,2015,39(5):1059-1064.
- [19] LI Z, LIANG H W, WANG Z W, et al. A novel allotetraploid gibel carp strain with maternal body type and growth superiority[J]. Aquaculture, 2016, 458:55-63.
- [20] 黄雪贞,钱国英,王忠华,等.杂交对中华鳖遗传多样性的影响[J].江苏农业科学,2012,40(3):190-193.