

# 泥鳅属和副泥鳅属鱼类自交及杂交子一代生长性能及丙二醛含量的比较

徐秀文 彭鑫 王卫民 曹小娟

华中农业大学水产学院/农业动物遗传育种与繁育教育部重点实验室/  
农业部淡水生物繁育重点实验室/淡水水产健康养殖湖北省协同创新中心, 武汉 430070

**摘要** 以泥鳅属鱼类黑龙江泥鳅(*Misgurnus mohoity*, H)、北方泥鳅(*Misgurnus bipartitus*, N)、泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*, 二倍体 B, 四倍体 T)和副泥鳅属鱼类大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*, P)为亲本, 进行自交与正反交, 获得 11 种子代, 它们分别为(雌×雄): H×H(HH)、N×N(NN)、P×P(PP)、B×B(BB)、P×B(PB)、N×H(NH)、N×P(NP)、P×H(PH)、B×P(BP)、T×P(TP)、P×T(PT)。经过 270 d 的养殖试验, 在 60、90、120、150 和 270 d 这 5 个时间点测定了这 11 种子代的全长和体质量, 同时在 60、90 和 120 d 对丙二醛(MDA)含量进行了评估。结果表明:(1)NP 在饲养试验中一直保持较好的生长性状;(2)PB 与 PP 在 60~90 d 的早期阶段, 生长趋势较差, 之后随着时间的推移开始上升, 表现出较好的生长趋势, 且这 2 种子代之间无显著性差异。PB 在 270 d 时体质量显著性高于其他子代;(3)NP 在 60 d 和 90 d 所占全长和体质量最大 20% 的比例均高于其他子代。TP 在 270 d 时在全长和体质量最大和最小 20% 中出现频率都较高, 而 PB 在所有采样时间点全长和体质量的最大和最小 20% 中的出现频率都较高;(4)具备优良生长性状的 NP、PP 及 PB 中, NP 和 PP 在养殖过程中均具有较低的 MDA 含量, PB 的 MDA 含量在第 90 天升高, 然后长期处于较高水平。由此推断, NP 和 PP 在生长和免疫机能上都具有优势; PB 在生长性状上具有选育潜力。

**关键词** 泥鳅属; 副泥鳅属; 自交与杂交; 生长性状; 丙二醛  
**中图分类号** S 917 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2016)05-0084-06

我国自然分布的泥鳅属鱼类有黑龙江泥鳅(*Misgurnus mohoity*)、北方泥鳅(*Misgurnus bipartitus*)和泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*), 其中泥鳅存在着核型多态性现象, 自然环境中以二倍体泥鳅和四倍体泥鳅最为丰富<sup>[1]</sup>。副泥鳅属鱼类只有大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*)<sup>[2]</sup>。现我国水产品市场重要的经济鳅类主要来自这 2 个属。近年来, 由于过度捕捞和水环境污染等原因, 我国鳅类的野生资源呈现明显下降趋势。然而, 与此同时, 鳅类的食用和药用价值越来越受到消费者的认可, 其在国内和国际水产市场上的需求量不断增大<sup>[3]</sup>。因此, 我国急需大力发展鳅类养殖业。获得生长快速、抗逆性好的优良苗种现已成为我国鳅类养殖业高速发展的关键<sup>[4]</sup>。

杂交育种(cross breeding)是一种最常用的、有效的品种改良方法, 它一般是指不同品系、品种甚至种间、属间或亚科间具有不同遗传性状的亲本的交配, 其目的主要是将现有生物资源基因和性状进行重新整合, 建立符合人们意愿的基因型及表型<sup>[5]</sup>。利用杂种优势, 获得在生长速度、抗病力、抗逆性能等生产性状上比亲本更具优势的养殖新品种或新品系<sup>[6-7]</sup>。“丰鲤”、“荷元鲤”、“芙蓉鲤”、“湘云鲫”和“湘云鲤”等都是具有明显杂交优势的新品种<sup>[8-9]</sup>。已有的相关研究表明泥鳅属和副泥鳅属鱼类的杂交是可行的<sup>[10-14]</sup>, 这就为泥鳅杂交育种工作提供了一定的理论基础。

丙二醛(MDA)是机体被自由基氧化后的产物, 通过测定其含量可反映出机体内脂质氧化的程度, 间接反映出细胞损伤的程度<sup>[15]</sup>, 常被作为重要的反映机体健康状况和免疫机能的指标。本研究比较了泥鳅属与副泥鳅属鱼类自交和杂交子代之间的生长性状和 MDA 含量, 以期筛选出具有育种优势

收稿日期: 2015-12-16  
基金项目: 国家自然科学基金项目(31201719); 中央高校基本科研业务费专项(2662015PY033)  
徐秀文, 硕士研究生, 研究方向: 鱼类遗传育种. E-mail: xxw1207@foxmail.com  
通信作者: 曹小娟, 博士, 副教授, 研究方向: 水产养殖与遗传育种. E-mail: caoxiaojuan@mail.hzau.edu.cn

的组合,为培育出具有生长优势、抗逆性强的泥鳅品种提供基础育种材料。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验鱼的获得

泥鳅属的黑龙江泥鳅、北方泥鳅、二倍体泥鳅、四倍体泥鳅和副泥鳅属的大鳞副泥鳅于 2014 年 5 月至 6 月分别从黑龙江省、辽宁省和湖北省鄂州市三地采集得到,其中二倍体泥鳅和四倍体泥鳅经由流式细胞仪(Beckman Coulter 公司)测定,以公鸡的血红细胞为参照。将得到的 5 种鳅类亲本分别暂养在 160 L 水箱中,投喂水蚯蚓进行营养强化。然后进行自交与正反交试验,从每种亲本中选择成熟雌性(25~50 g)和雄性(15~30 g)个体注射催产激素 LHRH-A<sub>2</sub> (雌性 35 μg/kg,雄性剂量减半)和 DOM(4 mg/kg,雄性剂量减半)。注射催产剂约

12 h后,分别收集每种亲本的精子和卵子进行不完全双列杂交,共得到 11 种自交或杂交子一代,即黑龙江泥鳅自交子一代,北方泥鳅自交子一代,大鳞副泥鳅自交子一代,二倍体泥鳅自交子一代,大鳞副泥鳅(♀)与二倍体泥鳅(♂)杂交子一代,北方泥鳅(♀)与黑龙江泥鳅(♂)杂交子一代,北方泥鳅(♀)与大鳞副泥鳅(♂)杂交子一代,大鳞副泥鳅(♀)与黑龙江泥鳅(♂)杂交子一代,二倍体泥鳅(♀)与大鳞副泥鳅(♂)杂交子一代,四倍体泥鳅(♀)与大鳞副泥鳅(♂)杂交子一代,大鳞副泥鳅(♀)与四倍体泥鳅(♂)杂交子一代(分别简称 HH、NN、PP、BB、PB、NH、NP、PH、BP、TP、PT,见表 1)。

将这 11 种自交或杂交子代受精卵置于长方形水箱(90 L)中静水曝气孵化,水温保持在(24.0±1)℃。鱼苗孵化后,经 1 周驯食,从各子代中,采集 240 尾健康的仔鱼,平均分配转移到 2 个 160 L 塑

表 1 泥鳅属与副泥鳅属鳅类自交与杂交子一代

Table 1 Selfing/hybrid offsprings of *Misgurnus* and *Paramisgurnus* fish

| 序号<br>No. | 亲本 Parents                                  |                                             | 子代简称<br>Offsprings |
|-----------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|
|           | 母本 Mother                                   | 父本 Father                                   |                    |
| 1         | 黑龙江泥鳅 <i>M. mohoity</i>                     | 黑龙江泥鳅 <i>M. mohoity</i>                     | HH                 |
| 2         | 北方泥鳅 <i>M. bipartitus</i>                   | 北方泥鳅 <i>M. bipartitus</i>                   | NN                 |
| 3         | 大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>                   | 大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>                   | PP                 |
| 4         | 二倍体泥鳅 Diploid <i>M. anguillicaudatus</i>    | 二倍体泥鳅 Diploid <i>M. anguillicaudatus</i>    | BB                 |
| 5         | 大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>                   | 二倍体泥鳅 Diploid <i>M. anguillicaudatus</i>    | PB                 |
| 6         | 北方泥鳅 <i>M. bipartitus</i>                   | 黑龙江泥鳅 <i>M. mohoity</i>                     | NH                 |
| 7         | 北方泥鳅 <i>M. bipartitus</i>                   | 大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>                   | NP                 |
| 8         | 大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>                   | 黑龙江泥鳅 <i>M. mohoity</i>                     | PH                 |
| 9         | 二倍体泥鳅 Diploid <i>M. anguillicaudatus</i>    | 大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>                   | BP                 |
| 10        | 四倍体泥鳅 Tetraploid <i>M. anguillicaudatus</i> | 大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>                   | TP                 |
| 11        | 大鳞副泥鳅 <i>P. dabryanus</i>                   | 四倍体泥鳅 Tetraploid <i>M. anguillicaudatus</i> | PT                 |

料水箱中(共计 22 个塑料水箱),微流水进行 270 d 的养殖试验。养殖试验期间,每天 3 次投喂自制泥鳅专用人工配合饲料(配方未发表)。

### 1.2 生长性状指标的测量

分别于试验鱼孵化后的第 60、90、120、150、180 和 270 天进行采样,从每个水箱中随机捞取 30 尾鱼,利用冰块冷冻麻醉,测量其全长和体质量。之后暂养在水桶之中,恢复吃食之后分别放回对应水箱之中,继续饲养。

### 1.3 MDA 含量的测定

MDA 含量的测定采用硫代巴比妥酸比色法(试剂盒购于南京建成生物工程研究所),在试验鱼孵化后的第 60、90、120 天进行采样,从每个水箱随机捞取 5 尾,剪碎,即为全鱼体组织样本。将 4 个 10 mL EP 管依次标记为标准管、空白管、测定管和

对照管,取适量全鱼体组织加入测定管中,同时按照说明书要求将所需试剂分别加入这 4 个 EP 管中,然后用漩涡混匀器混匀,EP 管口用保鲜膜扎紧,用针头刺一小孔,95℃沸水浴 40 min,取出后流水冷却,然后 3 500~4 000 r/min,离心 10 min。取上清,532 nm 处,1 cm 光镜,蒸馏水调零,测各管吸光度值。组织 MDA 含量计算公式:组织中 MDA 含量(nmol/mg)=(测定 OD 值-对照 OD 值)/(标准 OD 值-空白 OD 值)×标准品浓度(10 nmol/mL)/待测样本蛋白质量浓度(mg/mL)。

### 1.4 数据的统计与分析

利用 SPSS 16.0 统计软件进行数据处理与分析,数据以平均值±标准差表示。对全长、体质量和 MDA 含量分别进行方差分析,显著性检验用 Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 11 种自交/杂交子代的生长性状

PB 与 PP 在 60~90 d 的早期阶段,生长趋势较差,之后随着时间的推移开始上升,表现出较好的生长趋势,这 2 种子代之间的全长和体质量无显著性差异( $P>0.05$ );PB 在 270 d 时体质量显著高于其他子代( $P<0.05$ );NH、PH 和 NP 在 60~150 d 的饲养中,均表现较好的生长趋势,且这 3 种子代之间无显著性差异( $P>0.05$ );饲养过程中,NH 和 PH

经过 10 ℃ 以下低温全部死亡,表现出较差的抗逆性;NP 在饲养试验中一直保持较好的生长性能(表 2 和表 3)。

分别在第 60、90 和 270 天对 11 种子代所有个体的全长和体质量进行由大到小的排序,统计处于前 20%和后 20%的个体中各种子代所占的比例(见表 4 和表 5)。NP 在 60 d 和 90 d 所占全长和体质量最大 20%的比例均高于其他子代;TP 在 270 d 时在全长和体质量最大和最小 20%中出现频率都较高;而 PB 在所有采样时间点全长和体质量的最

表 2 11 种子代在 5 个生长阶段的全长

| 子代简称<br>Offsprings | 全长/mm Total lengths |             |               |                |              |
|--------------------|---------------------|-------------|---------------|----------------|--------------|
|                    | 60 d                | 90 d        | 120 d         | 150 d          | 270 d        |
| HH                 | 48.91±1.48b         | 54.66±1.09b | 59.09±1.15cde | 63.56±2.35abc  | 71.98±1.35a  |
| NN                 | 43.39±0.71c         | 49.59±0.72c | 54.95±0.81ef  | 62.92±0.90abcd | 63.10±0.79b  |
| PP                 | 43.28±1.33c         | 54.66±1.07b | 62.57±1.53bc  | 69.61±1.62a    | 74.41±1.34a  |
| BB                 | 42.18±0.92c         | 47.07±0.70c | 52.17±0.89fg  | 56.91±0.86def  | 58.45±1.17bc |
| PB                 | 41.62±1.39c         | 49.04±1.02c | 57.30±1.06de  | 61.88±1.89bcde | 74.90±1.54a  |
| NH                 | 49.81±1.73b         | 60.50±1.25a | 65.82±1.42ab  | 67.48±1.59ab   | —            |
| NP                 | 53.70±1.76ab        | 62.77±1.28a | 67.71±1.50a   | 67.88±2.20ab   | 70.17±1.56a  |
| PH                 | 49.85±1.34b         | 53.07±1.41b | 61.39±1.86cd  | 69.22±1.41a    | —            |
| BP                 | 56.96±2.39a         | 55.56±2.00b | 56.42±2.03def | 56.21±2.81ef   | 64.26±2.60b  |
| TP                 | 34.13±0.80d         | 43.02±0.79d | 49.33±0.90g   | 52.52±1.41f    | 54.39±1.16c  |
| PT                 | 36.82±1.56d         | 54.40±1.20b | 59.18±1.39cde | 59.43±1.30cde  | 58.96±1.68bc |

注:同一列中平均值后出现相同字母表示差异不显著( $P>0.05$ )。下表(图)同。Notes: Values in the same column with same super-scripts were no significantly different ( $P>0.05$ ). Same to the below tables and figure.

表 3 11 种子代在 5 个生长阶段的体质量

| 子代简称<br>Offsprings | 体质量/g Body weights |            |             |             |             |
|--------------------|--------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
|                    | 60 d               | 90 d       | 120 d       | 150 d       | 270 d       |
| HH                 | 0.48±0.04cd        | 0.58±0.03b | 0.79±0.05cd | 0.98±0.11bc | 1.33±0.11bc |
| NN                 | 0.31±0.01ef        | 0.48±0.02c | 0.66±0.02ef | 0.89±0.04bc | 0.84±0.03dc |
| PP                 | 0.42±0.04cde       | 0.84±0.05b | 1.28±0.08bc | 1.83±0.11a  | 1.46±0.07b  |
| BB                 | 0.35±0.02def       | 0.47±0.02c | 0.59±0.03fg | 0.88±0.04de | 0.68±0.04e  |
| PB                 | 0.38±0.03cdef      | 0.66±0.04c | 0.91±0.06de | 1.25±0.12c  | 1.91±0.11a  |
| NH                 | 0.49±0.04cd        | 0.76±0.04a | 1.11±0.07ab | 1.17±0.07ab | —           |
| NP                 | 0.62±0.05b         | 0.87±0.05a | 1.12±0.07a  | 1.29±0.11ab | 0.93±0.06de |
| PH                 | 0.50±0.03bc        | 0.58±0.04b | 0.75±0.06c  | 1.15±0.07a  | —           |
| BP                 | 1.11±0.13a         | 0.90±0.09b | 0.98±0.10de | 1.21±0.16de | 1.13±0.13cd |
| TP                 | 0.27±0.02f         | 0.40±0.02d | 0.62±0.03g  | 0.87±0.06e  | 0.72±0.06e  |
| PT                 | 0.33±0.04ef        | 0.90±0.06b | 1.12±0.07cd | 1.16±0.07cd | 0.91±0.08de |

表 4 对全长最大的 20% 和最小的 20% 的个体进行分析的结果

| Table 4 Results of analysis on individuals with total length in the top 20% and bottom 20% |                      |       |       |                         |       |       | % |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|---|
| 子代简称<br>Offsprings                                                                         | 全长最大的 20% TL top 20% |       |       | 全长最小的 20% TL bottom 20% |       |       |   |
|                                                                                            | 60 d                 | 90 d  | 270 d | 60 d                    | 90 d  | 270 d |   |
| HH                                                                                         | 4.76                 | 6.20  | 5.08  | 10.14                   | 12.90 | 6.67  |   |
| NN                                                                                         | 3.97                 | 6.20  | 0.00  | 0.00                    | 0.81  | 3.33  |   |
| PP                                                                                         | 3.97                 | 6.20  | 38.98 | 7.43                    | 7.26  | 40.00 |   |
| BB                                                                                         | 9.52                 | 16.28 | 1.69  | 0.68                    | 1.61  | 1.67  |   |
| PB                                                                                         | 14.29                | 12.40 | 25.42 | 14.86                   | 3.23  | 20.00 |   |
| NH                                                                                         | 3.97                 | 3.10  | 0.00  | 17.57                   | 23.39 | 0.00  |   |
| NP                                                                                         | 0.00                 | 0.78  | 3.39  | 19.59                   | 26.61 | 15.00 |   |
| PH                                                                                         | 3.17                 | 8.53  | 0.00  | 13.51                   | 11.29 | 0.00  |   |
| BP                                                                                         | 4.76                 | 3.10  | 15.25 | 14.86                   | 5.65  | 10.00 |   |
| TP                                                                                         | 34.13                | 31.01 | 8.47  | 0.00                    | 0.00  | 3.33  |   |
| PT                                                                                         | 17.46                | 6.20  | 1.69  | 1.35                    | 7.26  | 0.00  |   |

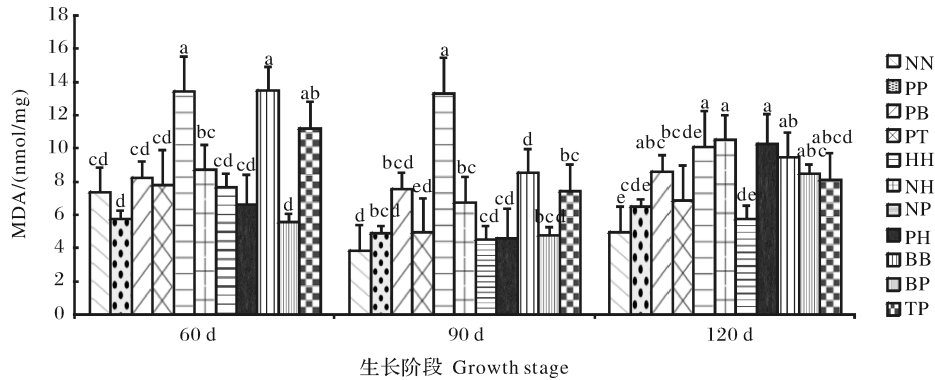
表 5 对体质量最大的 20% 和最小的 20% 的个体进行分析的结果

| Table 5 Results of analysis on individuals with body weight in the top 20% and bottom 20% |                       |       |       |                          |       |       | % |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|---|
| 子代简称<br>Offsprings                                                                        | 体质量最大的 20% BW top 20% |       |       | 体质量最小的 20% BW bottom 20% |       |       |   |
|                                                                                           | 60 d                  | 90 d  | 270 d | 60 d                     | 90 d  | 270 d |   |
| HH                                                                                        | 11.45                 | 12.90 | 0.00  | 4.76                     | 15.24 | 0.00  |   |
| NN                                                                                        | 0.00                  | 0.81  | 3.39  | 3.97                     | 14.29 | 13.33 |   |
| PP                                                                                        | 11.45                 | 7.26  | 3.39  | 3.97                     | 6.67  | 1.67  |   |
| BB                                                                                        | 2.29                  | 1.61  | 15.25 | 9.52                     | 19.05 | 15.00 |   |
| PB                                                                                        | 5.34                  | 3.23  | 0.00  | 14.29                    | 8.57  | 0.00  |   |
| NH                                                                                        | 12.21                 | 23.29 | 0.00  | 3.97                     | 2.86  | 0.00  |   |
| NP                                                                                        | 20.61                 | 26.61 | 1.69  | 0.00                     | 4.76  | 10.00 |   |
| PH                                                                                        | 11.45                 | 11.29 | 0.00  | 3.17                     | 13.33 | 0.00  |   |
| BP                                                                                        | 20.61                 | 5.65  | 11.86 | 4.76                     | 2.86  | 8.33  |   |
| TP                                                                                        | 0.76                  | 0.00  | 52.54 | 34.13                    | 6.67  | 43.33 |   |
| PT                                                                                        | 3.82                  | 7.26  | 11.86 | 17.46                    | 5.71  | 8.33  |   |

大和最小 20% 中的出现频率都较高。

2.2 11 种自交或杂交子代的 MDA 值

图 1 显示的是在 60、90 和 120 d 时 11 种子代的 MDA 的含量比较。NP、PP 和 NN 一直保持较低 MDA 含量,且在 3 个阶段相互间均不具有显著性差异( $P>0.05$ )。PH 在早期生长阶段具有较低的 MDA 含量,但在 120 d 升高,处在较高水平。相反,TP 的 MDA 含量在早期生长阶段较高,到 120 d 开始下降。HH、NH 和 PB 则一直保持较高 MDA 含量,其中 HH 在 90 d 时显著高于其他子代( $P<0.05$ )。



同一时期出现相同小写字母表示差异不显著( $P>0.05$ )。Values in the same time period with same small letters were no significantly different ( $P>0.05$ ).

图 1 11 种子代 3 个时期的 MDA 含量

Fig.1 MDA contents of eleven selfing/hybrid combinations in three time periods

其他子代则波动较大。

### 3 讨 论

#### 3.1 泥鳅属和副泥鳅属自交与杂交子一代生长性状比较分析

种间杂交在实践生产中运用较多,杂交子一代往往具有良好的生长优势,有着良好的商业前景。邱丛芳等<sup>[16]</sup>曾以鲮科不同属间鱼类黄颡鱼(♀)和乌苏里拟鲮(♂)进行杂交获得成功,并和亲本自交后代进行了 60 d 的生长对比试验,结果表明杂交子代在苗种期生长优势明显。黄鳍鲷(♀)×平鲷(♂)<sup>[17]</sup>、瓦氏黄颡鱼(♀)×长吻鲃(♂)<sup>[18]</sup>、青鱼(♀)×草鱼(♂)<sup>[19]</sup>也得到了同样的结果。Brandle<sup>[20]</sup>曾指出,亲本间遗传差异越大,杂种优势越明显。在本试验中,NP、PH、PB、PP 和 NH 为生长性状较好的子代,其中 4 种为种间杂交,符合之前的研究结果,预示着杂种良好的生产前景。

本试验对全长和体质量最大的 20% 和最小的 20% 的个体进行分析。NP 在 60 d 和 90 d 所占全长和体质量最大 20% 的比例均高于其他子代,预示着其较大的生长性状选育潜力。PB 在整个养殖过程中,在全长和体质量最大和最小的 20% 中都具有较高出现频率,且其体质量在 270 d 时显著高于其他子代,表明其体质量两极分化较大,预示着其具有更大的选育潜力。TP 在 270 d 的时候所占全长和体质量最大 20% 的比例均高于其他子代体质量,但是 TP 为三倍体,具有不育或育性差的特性,因而其不具有较大的生长性状选育潜力,但其对控制养殖鱼类的过度繁殖和保护天然种质资源颇为重要<sup>[21]</sup>。

#### 3.2 泥鳅属和副泥鳅属自交与杂交子一代免疫能力比较分析

MDA 作为膜脂氧化的最终产物,常用作机体免疫指标之一<sup>[22]</sup>。陈拥军<sup>[23]</sup>用 MDA 等含量来测定氧化鱼油对大口黑鲈幼鱼健康的危害程度。

本试验中 MDA 含量的测定数据显示,具备较好生长性状的 NP 及 PP 均具有较低的 MDA 含量,因此这 2 种子代在生长性状和免疫能力上均具有优势;PB 的 MDA 含量在第 90 天升高,然后长期处于较高水平,这表明具有生长性状选育优势的 PB 子代,其在免疫能力上不占优势;NH 和 PH 虽然具备较好的生长性状,但是其 MDA 含量或在生长后期升高,或一直处于较高水平,与 HH 子代一样在免疫能力上较差。本试验中,HH、NH 和 PH 子代经

过低温均严重感染水霉,后两者全部死亡,表现出较差的抗逆性,而其父本均为黑龙江泥鳅,推测黑龙江泥鳅的免疫机能弱于其他泥鳅品种;NN 在养殖过程中一直保持较低 MDA 含量,虽然具备免疫优势但是不具备生长性状优势。

总之,NP、PP 在生长和免疫机能上都具有优势;PB 在生长性状上具有选育潜力。基于我国泥鳅养殖业中存在的主要问题,培育出生长快、适应性强、成活率高、抗病力强的泥鳅品种,是今后仍需努力的方向。

### 参 考 文 献

- [1] 李雅娟,张明昭,于卓,等.黑龙江泥鳅、北方泥鳅和泥鳅的形态差异分析[J].大连海洋大学学报,2010,25(5):397-401.
- [2] 朱松泉.中国淡水鱼类检索[M].南京:江苏科学技术出版社,1995:128.
- [3] 陈清明.泥鳅幼苗“寸片死”的罪魁祸首[J].渔业致富指南,2012(24):17-18.
- [4] 汪勇翔.水产动物遗传育种研究进展[J].现代农业科技,2010(17):324-325.
- [5] 朱华平,卢迈新,黄樟翰,等.鱼类遗传改良研究综述[J].中国水产科学,2010,17(1):168-181.
- [6] 陈景星.中国花鳅亚科鱼类系统分类的研究:鱼类学论文集(第一集)[C].北京:科学出版社,1981:21-32.
- [7] 楼允东,李小勤.中国鱼类远缘杂交研究及其在水产养殖上的应用[J].中国水产科学,2006,13(1):151-158.
- [8] 楼允东.鱼类育种学[M].北京:中国农业出版社,2001:40-140.
- [9] 江丽华.鱼类育种研究[J].福建水产,2012,34(5):420-427.
- [10] 赵振山,高贵琴,吴清江.两种泥鳅杂交及人工诱导大鳞副泥鳅雄核发育的染色体变化[J].大连水产学院学报,2002,17(1):15-19.
- [11] 李懋,刘思阳,熊全沫.大鳞副泥鳅与泥鳅杂交的生物学研究[J].武汉大学学报(自然科学版),1991(2):117-120.
- [12] CHEVASSUS B. Hybridization in fish[J]. Aquaculture, 1983, 33: 245-262.
- [13] ZHANG Q, ARAI K. Flow cytometry for DNA contents of somatic cells and spermatozoa in the progeny of natural tetraploid loach[J]. Fish science, 1996, 62: 870-877.
- [14] PARK I S, NAM Y K, KIM D S. Growth performance, morphometric traits and gonad development of induced reciprocal diploid and triploid hybrids between the mud loach (*Misgurnus mizolepis* Gtinter) and cyprinid loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) [J]. Aquaculture research, 2006, 37: 1246-1253.
- [15] CHEN S Y. Membrane lipid peroxidation and plant stress[J]. Chinese bulletin of botany, 1989, 6(4): 211-217.
- [16] 邱丛芳,王彬,余祥胜.黄颡鱼♀×乌苏里拟鲮♂苗种繁殖养殖试验[J].科技信息,2009,26(4):3-14.
- [17] 区又君,李加儿,周宏团.鲷科鱼类属间远源杂交的发育和生长[J].中国水产科学,2000,7(2):110-112.



[18] 何尧平,曾洁,冯军,等.瓦氏黄颡鱼与长吻鮠杂交养殖试验[J].水产养殖,2008,29(5):33-34.

[19] 南昌市水产科学研究所.青鱼和草鱼杂交种的培育[J].淡水渔业科技动态,1973(1):10-14.

[20] BRANDLE J E.Geographical diversity parental selection and heterosis in oilseed rape[J].Canadian journal of plant science, 1990,70: 935-940.

[21] 吴萍.我国鱼类多倍体育种的研究进展[J].上海水产大学学报, 2005,14(1):72-78.

[22] MERA E D G, THOMPSON J E.Senescence-dependent changes in superoxide anion production by illuminated chloroplasts from bean leaves[J].Plant,1983,158:185-193.

[23] 陈拥军.鱼油氧化对大口黑鲈幼鱼健康的危害及其控制[D].广州:中山大学,2013.

Comparisons of growths and malonaldehyde contents of selfing/hybrid offsprings of *Misgurnus* and *Paramisgurnus* fish

XU Xiuwen PENG Xin WANG Weimin CAO Xiaojuan

College of Fisheries/Key Lab of Agricultural Animal Genetics ,  
Breeding and Reproduction of Ministry of Education/ Key Lab of Freshwater  
Animal Breeding ,Ministry of Agriculture ,Huazhong Agricultural University/  
Freshwater Aquaculture Collaborative Innovation Center of Hubei Province ,Wuhan 430070,China

**Abstract** *Misgurnus mohoity* (H),*Misgurnus bipartitus* (N),*Misgurnus anguillicaudarus* (diploid,B; tetraploid,T) and *Paramisgurnus dabryanus* (P) were used here to produce 11 kinds of selfing/hybrid offsprings,namely H×H (female×male,HH),N×N (NN),P×P (PP),B×B (BB),P×B (PB),N×H (NH),N×P (NP),P×H (PH),B×P(BP),T×P (TP),and P×T (PT).The culture experiment lasted for 270 d.Total lengths and body weights of the 11 different offsprings were measured at 60d,90d,120d,150d,and 270d,meanwhile the malonaldehyde (MDA) contents were measured at 60 d, 90 d,and 120 d.Results obtained here showed that NP kept good growth performance in the entire experimental period.Growth tendencies of PB and PP were poor during the early period from 60d to 90 d,but they began to rise and became good as time went on.In addition,there was no significant difference in growth traits between PB and PP ( $P>0.05$ ).The body weight of PB at 270 d obviously outweighed other offsprings ( $P<0.05$ ).The ratios of NP in the 20% of the maximum total length and body weight at 60 d and 90 d exceeded other offsprings.The ratios of TP in the 20% of the maximum and minimum total length and body weight at 270 d were relatively high,while always high for PB in all the sampling times. Both NP and PP with good growth potential had relatively low MDA contents.MDA content of PB rose at 90 d and then stayed high.In conclusion,NP and PP had advantages in growth and immune performance,and PB presented breeding potential in growth traits.

**Keywords** *Misgurnus* ; *Paramisgurnus* ; selfing and hybrid; growth traits; MDA

(责任编辑:边书京)