

# 由核酸诱导所产生的单尾鳍金鱼的子代\*

童第周 牛满江\*\*

## 摘 要

经分别注射从鲫鱼卵巢成熟卵子提取并部分纯化的 mRNA, 及从鲫鱼精巢和肝脏提取并部分纯化的 DNA 的金鱼受精卵, 所产生的单尾金鱼自交的子代, 它们的尾鳍有双尾、单尾及变异单尾三种。后两者相加的数量经 mRNA 处理的占全数的 39.6%, 经 DNA 处理的占全数的 38.3%。在对照组正常双尾自交的子代单尾及变异单尾相加的数量为全数的 3.8%。试验结果表明, 注入外源 mRNA 和 DNA 对金鱼尾鳍形态的变异, 在子代仍有显著的作用。

在前一报告中<sup>[1]</sup>, 我们曾将从鲫鱼卵巢成熟卵子提取并部分纯化的 mRNA 及从鲫鱼精巢和肝脏提取并部分纯化的 DNA 分别注入受精的金鱼卵, 所产生的金鱼约 1/3 尾鳍性状发生变化, 即由金鱼的双尾鳍 (图版 I, A) 变为鲫鱼的单尾鳍 (图版 I, B, C)。这清楚地说明尾鳍的变化是注入进去的外源 mRNA 和 DNA 作用的结果。1974 年夏季, 这些尾鳍变异的部分金鱼业已成长, 并能产卵。我们利用这种鱼作配种实验, 将它们自交, 观察发育幼鱼的尾型。实验结果显示, 这种由诱变所产生的单尾鳍性状能遗传给它们的子代。

在鲤科, 金鱼品种 (*Domesticated carassius auratus*) 是双尾鳍的, 鲫鱼 (*Wild Carassius auratus*) 是单尾鳍的。正常双尾金鱼自交的子代也有单尾鱼, 可是饲养者把它们淘汰了。单尾鱼的数量在我们 1973 年的 1259 条对照鱼中, 有 30 条, 占全数 2.4%。1974 年我们观察实验单尾自交子代, 发现单尾的形态有很多的变化, 数量亦多。同时, 作对照的正常幼鱼也有类似的单尾变异, 但数量极微。这可能在 1973 年的实验鱼和正常对照鱼中也有变异类型, 因数量微, 没有引起我们的注意。现在存在的 1973 年实验单尾鱼中则没有变异单尾。

陈桢 (1925)<sup>[2]</sup> 曾向中国各省的金鱼专门饲养家调查金鱼变异的情况, 作了金鱼变异的综合报道。文内所叙述尾鳍变异的种类, 皆与我们下述的类型相同, 他说有几种畸形尾鳍仅见过 3 条。我们 1974 年所见到的类型, 有陈桢所没有叙述过的。这显然是经实验处理后, 变异的鱼多了。

现将金鱼尾鳍形态的分类简单说明于后:

1. 双尾鳍。尾鳍分四叶: 背两叶, 腹两叶, 即正常的双尾鳍 (图版 II, A)。另有一种变种,

本文 1975 年 2 月 28 日收到。

\* 参与本实验工作的有: 美国 Temple 大学张葆英, 中国科学院北京动物研究所叶毓芬、史运仙、严绍颐、陆德裕、杜淼、于建康、薛国雄、张玉廉、李光三、沈寿昆、黄和祥、李贵。鱼尾鳍照片摄制者: 曹守珍、杨慧一。

\*\* 美国 Temple 大学生物系教授, 应中国科学院童第周教授邀请曾于 1973 年前来中国科学院北京动物研究所短期工作。

背两叶在背部边缘合并成一大叶,腹两叶分离如常(图版 II, B)。据观察记录,后者在实验组子代的数量要比对照组为多。

2. 单尾鳍。背叶腹叶均为单叶,象一般鲫鱼的尾鳍(图版 II, C),但也有不同的微小变异:背叶背缘(图版 II, D)、腹叶腹缘(图版 II, F)、或背腹两叶之间(图版 II, E)折成一狭长的小褶。

3. 变异单尾。

a. 背叶或腹叶为单叶,另一叶分为双叶(图版 III A, B)。

b. 背叶(图版 III, D)或腹叶(图版 III, E)、或背腹两叶(图版 III, C)分为完整的或不完整的两叶,但紧贴一起,未分离,所以在外形上类似单尾。

4. 畸形鳍。鳍叶成各种形状的卷曲,或失去部分鳍叶,或四叶外另生一叶,成五叶。

5. 发育不全。没有尾鳍形成。

以上是我们所观察的金鱼尾鳍形态的类别。表 1—3 中均按这五类分别统计。

我们的实验分三组:1. mRNA 处理组,2. DNA 处理组,两者都是单尾金鱼,3. 对照组,系正常双尾金鱼。每组亲鱼各四对。对照组与 mRNA 组,鱼卵均系人工授精。DNA 组一对在饲养缸内自然受精,三对系人工授精(自然受精一对产卵略早,有可能以后又误用作人工授精)。不论实验组或对照组,每对鱼的受精卵都分别饲养,并分期多次检查尾鳍的形态。在这三组的实验中,DNA 处理组的金鱼产卵数量较少(表 2),孵化率亦低,原因不清楚。根据金鱼饲养者的经验,生殖季节盛期所产的卵质量好,孵化率高。如饲养管理适宜,第二年就能产卵。但这种一年鱼,产卵量少,质量有时也差。此外,生殖季节晚期所产的卵,质量往往不及盛期。我们的实验鱼系初次产卵,且在晚期。实验中各对鱼子代幼鱼数量的不同,可能与这些原因有关。表 1—3 是各组幼鱼尾鳍形态类别的统计。

表 1. mRNA 处理组。第一对鱼的子代幼鱼 359 条,内 210 条为双尾(占 58.5%),45 条为单尾(占 12.5%),90 条为变异单尾(占 25.1%)。如将单尾数与变异单尾数相加,占全数

表 1 鲫鱼卵巢成熟卵子 mRNA 诱变的单尾金鱼自交子代尾鳍类型表

| 亲 鱼<br>编 号 | 幼 鱼 数 | 尾 鳍 类 型 及 数 量 (%) |            |             |           |         |          |
|------------|-------|-------------------|------------|-------------|-----------|---------|----------|
|            |       | 1                 | 2          | 3 变 异 单 尾 鳍 |           | 4       | 5        |
|            |       | 双尾鳍               | 单尾鳍        | A 三叶鳍       | B 分叶鳍     | 畸形鳍     | 发育不全     |
| 1          | 359   | 210(58.5%)        | 45(12.5%)  | 86(24.0%)   | 4(1.1%)   |         | 14(3.9%) |
| 2          | 68    | 26(38.2%)         | 24(35.3%)  | 14(20.6%)   | 4(5.9%)   |         |          |
| 3          | 167   | 116(69.5%)        | 21(12.6%)  | 10(6.0%)    | 20(11.9%) |         |          |
| 4          | 86    | 44(51.1%)         | 23(26.7%)  | 14(16.3%)   | 4(4.7%)   | 1(1.2%) |          |
| 总 数        | 680   | 396(58.2%)        | 113(16.6%) | 124(18.3%)  | 32(4.7%)  | 1(0.1%) | 14(2.1%) |

37.6%。第二对鱼的子代幼鱼 68 条,双尾 26 条(占 38.2%),单尾 24 条(占 35.3%),变异单尾 18 条(占 26.5%)。单尾与变异单尾的数量占全数 61.8%。第三对鱼与第四对鱼的子代单尾的与变异单尾的相加,总数前者占全数 30.5%,后者占 47.7%。总计本组鱼共 680 条,其中双尾 396 条(占 58.2%),单尾 113 条(占 16.6%),变异单尾 156 条(占 23.0%)。

表 2. DNA 处理组。1, 2, 3 三对鱼是精巢 DNA 处理的单尾鱼。第四对是肝脏 DNA 处

理的单尾鱼。第一对鱼的子代幼鱼 11 条, 5 条双尾, 3 条单尾, 3 条变异单尾。第二对鱼的子代 6 条, 2 条双尾, 3 条变异单尾(背叶后端分为二, 但紧贴在一起), 1 条畸形。第三对鱼 39 条, 26 条双尾, 5 条单尾, 6 条变异单尾, 2 条畸形。第四对鱼的子代 25 条, 14 条双尾, 6 条单

表 2 鲫鱼精巢或肝脏 DNA 诱变的单尾金鱼自交子代尾鳍类型表

| 亲 鱼<br>编 号 | 幼 鱼 数 | 尾 鳍 类 型 及 数 量 (%) |           |             |           |          |      |
|------------|-------|-------------------|-----------|-------------|-----------|----------|------|
|            |       | 1                 | 2         | 3 变 异 单 尾 鳍 |           | 4        | 5    |
|            |       | 双尾鳍               | 单尾鳍       | A 三叶鳍       | B 分叶鳍     | 畸形鳍      | 发育不全 |
| 1          | 11    | 5(45.4%)          | 3(27.3%)  | 3(27.3%)    |           |          |      |
| 2          | 6     | 2(33.3%)          |           |             | 3(50.0%)  | 1(16.7%) |      |
| 3          | 39    | 26(66.6%)         | 5(12.8%)  | 1(2.6%)     | 5(12.8%)  | 2(5.2%)  |      |
| 4          | 25    | 14(56.0%)         | 6(24.0%)  | 3(12.0%)    | 2(8.0%)   |          |      |
| 总 数        | 81    | 47(58.0%)         | 14(17.3%) | 7(8.7%)     | 10(12.3%) | 3(3.7%)  |      |

尾, 5 条变异单尾。全组子代幼鱼共 81 条, 47 条双尾(占 58.0%), 14 条单尾(占 17.3%), 17 条变异单尾(占 21.0%)。

从表 1 和表 2 的统计数字来看, 尾鳍形态变化的频率, mRNA 处理的与 DNA 处理的基本上相同, 即 58% 左右的幼鱼为双尾型, 17% 左右为单尾型, 22% 左右为变异单尾。

表 3 为对照组。第一对鱼的子代 195 条, 均为双尾, 没有任何单尾类型。第二对鱼的子代 26 条, 除一条为背双腹单的变异单尾外, 其余 25 条全为双尾。第三对和第四对鱼子代变异的

表 3 正常双尾金鱼自交子代尾鳍类型表

| 亲 鱼<br>编 号 | 幼 鱼 数 | 尾 鳍 类 型 及 数 量 (%) |         |             |         |     |      |
|------------|-------|-------------------|---------|-------------|---------|-----|------|
|            |       | 1                 | 2       | 3 变 异 单 尾 鳍 |         | 4   | 5    |
|            |       | 双尾鳍               | 单尾鳍     | A 三叶鳍       | B 分叶鳍   | 畸形鳍 | 发育不全 |
| 1          | 195   | 195(100%)         |         |             |         |     |      |
| 2          | 26    | 25(96.2%)         |         |             | 1(3.8%) |     |      |
| 3          | 103   | 95(92.2%)         | 5(4.9%) | 3(2.9%)     |         |     |      |
| 4          | 102   | 95(93.1%)         | 4(3.9%) | 2(2.0%)     | 1(1.0%) |     |      |
| 总 数        | 426   | 410(96.2%)        | 9(2.1%) | 5(1.2%)     | 2(0.5%) |     |      |

较多。前者 103 条中, 95(占 92.2%) 为双尾, 5 条(占 4.9%) 为单尾, 3 条(占 2.9%) 为变异单尾。后者 102 条, 95 条(占 93.1%) 为双尾, 4 条(占 3.9%) 为单尾, 3 条(占 3%) 为变异单尾。四对鱼的子代共计 426 条, 其中 410 条(占 96.2%) 为双尾, 9 条(占 2.1%) 为单尾, 7 条(占 1.7%) 为变异单尾。

总结上述三表的记录, 我们可以很清楚地看出, 实验组(经 mRNA 和 DNA 处理的单尾金鱼)子代尾鳍变化的数量远远超过对照组, 与 1973 年的结果<sup>[1]</sup>相比, 单尾鱼和双尾鱼都相对减少, 而出现大量的变异单尾。但在对照组双尾鱼与单尾鱼的数量比例, 1974 年的结果基本上与 1973 年的相仿。这说明我们所采用的实验金鱼尾鳍性状的稳定性。

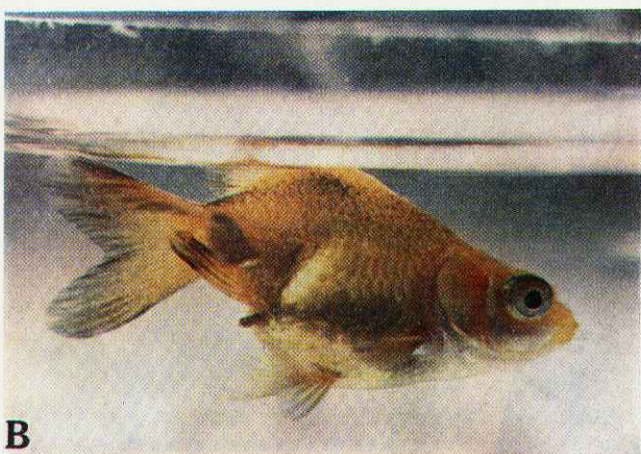
金鱼尾鳍的形态是一种遗传的性状。由 mRNA 或 DNA 诱变的尾鳍性状可遗传给子代,

这表明外源的 DNA 和 mRNA 对子代尾鳍性状的出现仍有它的作用。这种作用的机理对 DNA 来说可能是直接的;对 mRNA 来说可能是间接的,即 mRNA 是在有逆转录酶和储存的四种去氧核糖核苷酸存在的情况下,通过它对 DNA 的逆转录而发生作用。逆转录酶在鸡胚 (Kang & Temin 1973)<sup>[3]</sup>, 非洲爪蛙卵 (Brown & Tocchini-Valentini 1972)<sup>[4]</sup> 以及最近在青蛙卵 (Niu & Tung 1973)<sup>[5]</sup> 中已都被发现。

我们实验中所用的卵子 mRNA 基本上是储存在细胞质内的。如果细胞质内的 DNA 都是线粒体的 (Dawid 1972)<sup>[6]</sup>, 而线粒体的 DNA 与细胞核的 DNA 不同, 那末, 细胞质内携带信息的分子, 很可能是 mRNA。因此我们可以推想当细胞质从一个卵子移到另一个卵子时 (果蝇 (Garen & Gehring, 1972)<sup>[7]</sup>, 鱼 (童第周等 1973)<sup>[8]</sup>, 及蝶螈 (Briggs 1972)<sup>[9]</sup>), 其中起主要作用的成分也就是 mRNA。

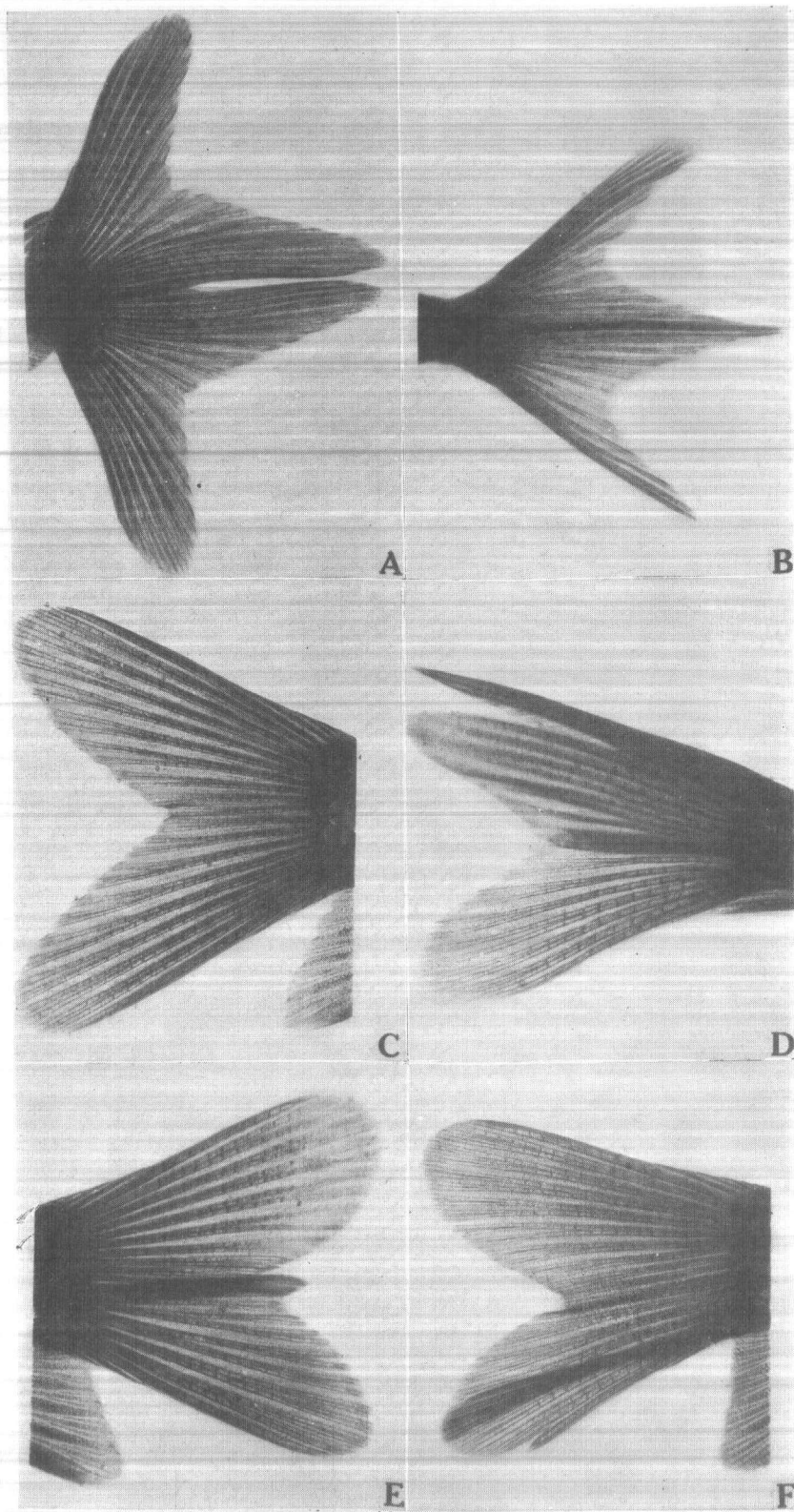
### 参 考 资 料

- [1] Tung, T. C. & Niu, M. C., *Scientia Sinica*, **16** (1973), 377—384.
- [2] Chen, S. C., *Contr. Biol. Lab. Sci. Soc. China*, **1** (1925), 1—65.
- [3] Kang, C. Y. & Temin, H. M., In *"The Role of RNA in Reproduction and Development"*, ed. Niu & Segal, American Elsevier, 1973, pp. 339—348.
- [4] Brown, R. D. & Tocchini-Valentini, G. P., *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **69** (1972), 1746—1748.
- [5] Niu, M. C. & Tung, T. C., *Am. Zool.*, **13** (1973), 1325.
- [6] Dawid, I. B., In *"Oogenesis"*, ed. Biggers & Schueltz, University Park Press, Baltimore, 1972, pp. 215—226.
- [7] Garen, A. & Gehring, W., *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **69** (1972), 282—285.
- [8] Tung, T. C. et al., *Acta Zoologica Sinica*, **19** (1973), 201—212.
- [9] Briggs, R., *J. Expt'l. Zool.*, **181** (1972), 271—280.



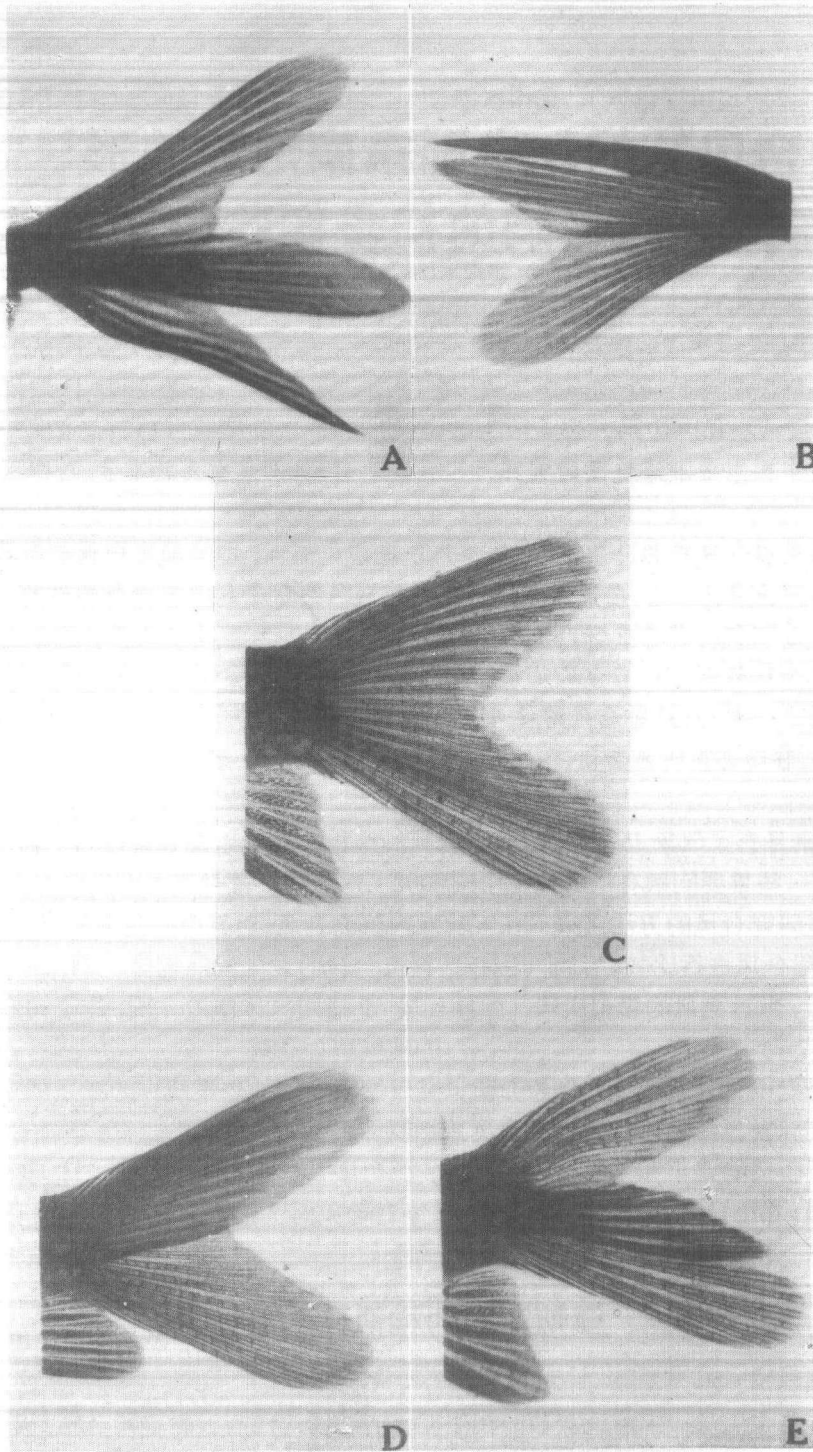
图版 I 对照和实验鱼

A. 正常双尾鳍金鱼    B. 正常双尾鳍金鱼受精卵, 经注射从鲫鱼卵巢成熟卵提取并部分纯化的 mRNA 所产生的单尾鳍金鱼    C. 正常双尾鳍金鱼受精卵经注射从鲫鱼精巢提取并部分纯化的 DNA 所产生的单尾鳍金鱼



图版 II 尾鳍类型

- A. 正常四叶型双尾鳍      B. 四叶型双尾鳍的变种,背两叶在背缘合并      C. 正常单尾鳍  
D. 单尾鳍背叶背部折成一小褶      E. 单尾鳍背腹两叶间折成一小褶      F. 单尾鳍腹叶腹部折成一小褶



图版 III 变异单尾鳍

- A. 背单叶、腹双叶 分为两叶，紧贴一起    B. 背双叶、腹单叶    C. 背叶和腹叶分为两叶，紧贴一起    D. 背叶  
E. 腹叶分为两叶，紧贴一起