

⁹⁰锶对鲫鱼胚胎发育的影响及鲫仔鱼对⁹⁰锶吸收积累的研究

朱 蕙 刘沛霖

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

提 要

在胚胎发育过程中, 用不同比放射性的⁹⁰锶试液处理受精卵, 各处理组都有畸形和死亡现象。畸形的高峰一般出现在囊胚期和晶体形成期, 畸形的类型一般为脊椎弯曲、体短、胸腔和卵黄囊扩大, 头和眼畸形。随后即出现死亡高峰。例如: 游动期的死亡率分别是: 21%(对照); 36%(5×10^{-11} 居里/升); 40%(5×10^{-10} 居里/升); 45%(5×10^{-9} 居里/升)。

鲫仔鱼对⁹⁰锶吸收积累的结果表明: 鲫仔鱼体中比放射性大小与试液的比放射性大小成正比, 并随试验时间的延长, 生物量的增加而增加, 鲫仔鱼的积累系数则不依试液的比放射性大小和生物量的多少为转移。

随着原子能科学技术的发展, 原子能工业体系(如厂矿, 企业)和广泛应用放射性物质的各个部门, 放射性废物、废液大量排放, 势必导致水体污染。同时, 当这些物质通过水生生物食物链的吸收积累和转移的过程, 将会直接或间接地污染环境, 危害水产资源, 以至危及人类健康。因此, 研究放射性物质对鱼类胚胎发育的影响及其仔鱼对放射性物质吸收积累情况, 对于保护环境、保护水产资源、保护人民健康都有重要意义。同时也为淡水生物放射生态学和放射卫生学积累科学资料, 为我国制定放射卫生标准提供科学依据。

近30年来, 国外对海洋放射生态学, 放射卫生学有较多的研究^[4-6], 对淡水生物放射生态学和放射卫生学研究较少, 而国内从事这两方面的研究亦不多^[1-3]。本试验以锶⁹⁰作放射源, 研究它对鲫鱼的受精卵和仔鱼的影响。

材料和方法

1. ⁹⁰锶对鲫鱼胚胎发育的影响

选用鲫鱼(*Carassius auratus* Linn.)的受精卵作试验材料, 以⁹⁰锶(硝酸锶)作放射源, 用曝气自来水配成3组比放射性(Specific radioactivity)¹⁾, 即 5×10^{-9} 居里/升, 5×10^{-10} 居里/升和 5×10^{-11} 居里/升; 另设无放射性的对照组。每个组有2个平行, 前后共重复5

1) 比放射性: 一升水中⁹⁰锶脉冲数/分钟。

1984年7月28日收到。

次。

从鱼池中取出鲫鱼的亲鱼，在瓷盘中($46 \times 30 \times 5$ 厘米)进行干法授精。随后分别加入不同比放射性试液，试液量为 1.5 升。再从各个瓷盘中取 100 粒受精卵，分别置于 2 个培养皿中(直径 10 厘米)，每个培养皿中再加入 30 毫升相应的试液；试验过程中，每个瓷盘和每个培养皿中每隔 12 小时补加一次试液(补蒸发量)，每 24 小时换一次试液(全部)。

观察的项目有：胚胎发育速度，畸形率，死亡率，畸形类型。

2. 鲫仔鱼对⁹⁰锶吸收积累

取人工孵化后 15 天的仔鱼为试验材料，试液的比放射性分 2 组： 5×10^{-9} 居里/升组和 5×10^{-10} 居里/升组；另设对照组。每组有 2 个平行，前后共重复 5 次。

试验容器为玻璃缸，直径为 15 厘米，试液量为 3,000 毫升，试验是用曝气自来水配成，每个容器中加入 150 尾仔鱼，每昼夜 12 小时光照，12 小时黑暗，水温在 25—32℃ 之间，每个容器每天用相应的试液补加蒸发量，每 4 天换去 1/3 试液(同时吸除容器中粪便沉渣)。在试验过程中，每个容器每天投喂 100 毫克活的溞 (*Daphnia*)。

分别在第二、四、八、十六、三十二天各取样一次，每次每缸取 20 尾仔鱼，用自来水冲洗后，置于已称重的锡盘中，烤干，测定。在取仔鱼样品的同时，吸取相应的水样各 20 毫升，蒸干，测定。

所有样品都待⁹⁰Sr-⁹⁰Y 平衡后测定，测定仪是本所研制的 β -低水平测量仪，所得数据是已减去本底，并经过计数效率校正后的绝对值。

试 验 结 果

(一) ⁹⁰锶对鲫鱼胚胎发育的影响

1. 在胚胎发育过程中，各组都出现畸形现象，畸形的类型一般有：脊椎或尾部弯曲，体短并常伴有胸腔和卵黄囊扩大；小头，无头或双头；并眼或三只眼(图版 I)。畸形的高峰一般有 2 个，第一个高峰在囊胚期，第二个高峰出现在晶体形成期，其中 5×10^{-9} 居里/升组随后仍继续上升，直到血液循环期达最高峰(图 1)。

2. 各组都有死亡现象，并随畸形高峰之后出现死亡高峰。死亡率一般随试验时间的延长、试液比放射性的加大而升高。例如，各组的死亡率在游动期分别是：21%(对照)，36%(5×10^{-11} 居里/升)，40%(5×10^{-10} 居里/升)和 45%(5×10^{-9} 居里/升)(图 2)。

3. 不同比放射性的⁹⁰锶对鲫鱼胚胎发育速度没有明显影响，它们基本上与对照组发育的速度相似(表 1)。

(二) 鲫仔鱼对⁹⁰锶吸收积累

1. 鲫仔鱼的鱼体重量¹⁾随着试验时间的延长日益增加，但增长的幅度不等，在试验的前 8 天内增长较慢，随后几乎每天成倍增长，而且， 5×10^{-9} 居里/升组和 5×10^{-10} 居里/升组的规律基本是一致的。但前者比后者增加较少。

2. 鲫仔鱼对⁹⁰锶吸收积累的总放射性 (Total radioactivity) 随着试验时间的延长而增

1) 本文所提到的鱼体重量均以毫克干物质计算。

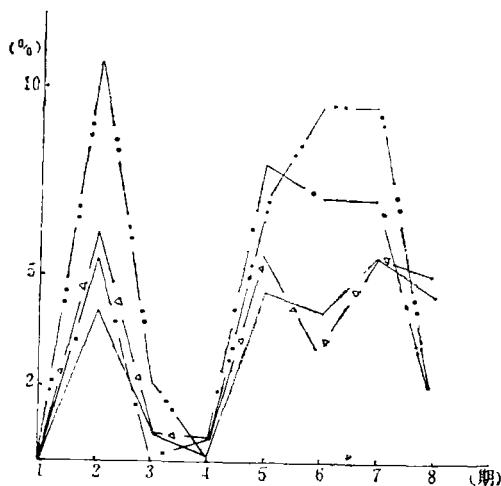


图1 鲫鱼畸形胚胎百分率(%)

1.受精卵; 2.胚胎期; 3.原肠中期; 4.原肠晚期; 5.晶体形成期; 6.血液循环期; 7.孵化期; 8.游动期。
 $5 \times 10^{-9} \text{ Ci/l}$ ——●—— $5 \times 10^{-11} \text{ Ci/l}$
 $5 \times 10^{-10} \text{ Ci/l}$ ——△——对照 Control

Fig. 1 Percentage of malformed embryo of *C. auratus*

1 Fertilized egg; 2 Blastula stage; 3 Middle-gastrula stage; 4 Late-gastrula stage; 5 Crystalline lens stage; 6 Blood circulating stage; 7 Hatching stage; 8 Moving stage.

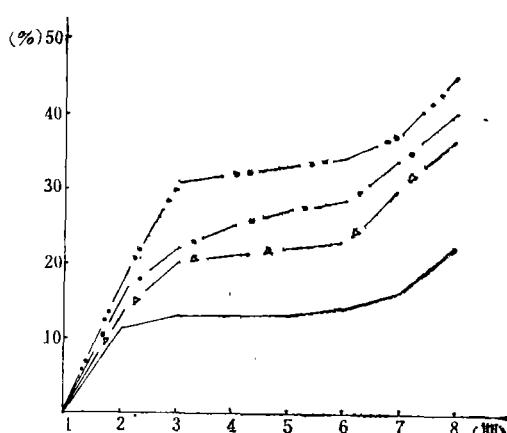


图2 鲫鱼胚胎死亡百分率(%)

1. 胚胎期; 2. 原肠中期; 3. 原肠晚期; 4. 视泡期; 5. 晶体形成期; 6. 血液循环期; 7. 孵化期; 8. 游动期。
 $5 \times 10^{-9} \text{ Ci/l}$ ——●—— $5 \times 10^{-11} \text{ Ci/l}$
 $5 \times 10^{-10} \text{ Ci/l}$ ——△——对照 Control

Fig. 2 Percentage mortality of embryo of *C. auratus*

1 Blastula stage; 2 Middle-gastrula stage; 3 Late-gastrula stage; 4 Optic vesicle stage; 5 Crystalline lens stage; 6 Blood circulating stage; 7 Hatching stage; 8 Moving stage.

表1 ⁹⁰锶对鲫鱼胚胎发育速度的影响(小时:分)Tab. 1 Effect of ⁹⁰Sr on speed of embryonic development of *C. auratus* (Hours:minutes)

组别 孵化期 Hatching stage	对照 Control	$5 \times 10^{-9} \text{ Ci/l}$	$5 \times 10^{-10} \text{ Ci/l}$	$5 \times 10^{-11} \text{ Ci/l}$
血液循环 Blood circulating stage	31:33	31:00	31:56	31:34
孵化 Hatching	35:33	33:28	35:46	35:29
游动 Moving	72:38	72:48	72:46	72:59

加，同时也随着生物体重的增加而增加，并发现，试液比放射性越大，仔鱼吸收积累⁹⁰锶越多。如在试验的第三十二天， 5×10^{-9} 居里/升组比 5×10^{-10} 居里/升组的总放射性高4倍(图3)。

3. 鲫仔鱼对⁹⁰锶吸收积累的比放射性¹⁾的大小亦是随着试验时间的延长而增加。但

1) 比放射性：每克鲫仔鱼(干物质)中脉冲数/分钟。

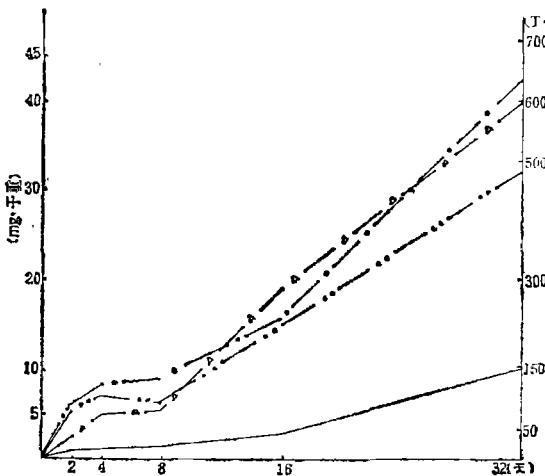


图 3 鲫仔鱼对⁹⁰Sr吸收的总放射性 (T.R.) 与鲫鱼体重 (mg·dry weight/l) 的关系

毫克干物质
 毫克干物质 $\left\{ \begin{array}{l} \cdots \cdots 5 \times 10^{-9} \text{Ci/l} \\ -\cdots- 5 \times 10^{-10} \text{Ci/l} \end{array} \right.$ T.R. $\left\{ \begin{array}{l} \triangle \cdots \cdots 5 \times 10^{-9} \text{Ci/l} \\ \bullet -\cdots- 5 \times 10^{-10} \text{Ci/l} \end{array} \right.$

Fig. 3 Relation between total radioactivity of ⁹⁰Sr of absorption and accumulation by *C. auratus* and weight of *C. auratus*

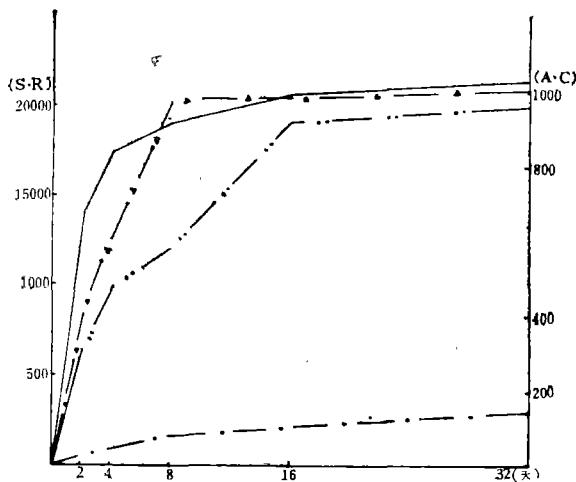


图 4 鲫仔鱼对⁹⁰Sr 的积累系数(A.C)与比放射性(S.R)关系

S.R. $\left\{ \begin{array}{l} \cdots \cdots 5 \times 10^{-9} \text{Ci/l} \\ -\cdots- 5 \times 10^{-10} \text{Ci/l} \end{array} \right.$ A.C. $\left\{ \begin{array}{l} \triangle \cdots \cdots 5 \times 10^{-9} \text{Ci/l} \\ \bullet -\cdots- 5 \times 10^{-10} \text{Ci/l} \end{array} \right.$

Fig. 4 Relation between accumulation coefficient and specific radioactivity of ⁹⁰Sr in *C. auratus*

是，在试验前 16 天内增加较快，其后增加幅度较小，基本上趋于平衡状态，这种情况在 5×10^{-9} 居里/升组更为明显，同时 5×10^{-9} 居里/升组比 5×10^{-10} 居里/升组的比放射性在试验的第三十二天约高 8 倍(图 4)。

4. 鲫仔鱼对⁹⁰锶的积累系数 (Accumulation coefficient)¹⁾ 在试验的前 8 天内随着时间的延长而增加, 随后则趋于平衡, 并且, 5×10^{-9} 居里/升组与 5×10^{-10} 居里/升组的结果相似(图 2)。

讨 论

1. ⁹⁰锶处理组胚胎的发育速度与对照组基本上一致, 未发现⁹⁰锶对胚胎发育速度有促进或延缓作用, 这与⁶⁰钴照射鲤鱼卵的结果是一致的^[2], 而与 X-射线照射成熟金鱼后的受精卵的胚胎发育速度不同^[1]。

2. 各组胚胎在发育过程中都出现畸形, 其中 5×10^{-9} 居里/升组的畸形百分率最高(图 2)。这就说明, 5×10^{-9} 居里/升比放射性对鲫鱼胚胎发育有不利影响。

3. 在胚胎发育过程中, 各组的第一个畸形高峰都出现在囊胚期, 随后都急剧下降, 于晶体形成期又出现第二个高峰, 随后, 只有 5×10^{-9} 居里/升组仍继续上升, 直到血液循环期才趋于平衡, 到孵化期各组又急剧下降。而另外 3 个组在孵化前基本处于波动状态, 其后又有不同程度下降(图 2)。由此可见, 5×10^{-9} 居里/升比放射性对胚胎发育的前期和后期都有不利影响; 而 5×10^{-10} 居里/升则对原肠期以后的发育有影响, 5×10^{-11} 居里/升组与对照组结果相似。

4. 在胚胎发育过程中, 各组都有死亡现象, 其死亡率的高峰一般都随畸形高峰之后出现, 如第一个死亡率高峰出现在原肠晚期^[2]。随后趋于平衡, 到游动期出现第二个高峰。这就说明, 畸形的胚胎是难以继续发育下去的(图 3)。

5. 鲫仔鱼对⁹⁰锶吸收积累的总放射性与试液的比放射性大小、试验时间的长短成正比, 而鲫仔鱼的个体重量则与试液的比放射性大小成反比, 即试液比放射性越大, 仔鱼吸收积累放射性物质越多, 相应地抑制仔鱼生长的作用也就越大(图 4)。

6. 鲫仔鱼对⁹⁰锶的积累系数大小则不依试液比放射性大小和仔鱼体重增加多少为转移。 5×10^{-9} 居里/升组与 5×10^{-10} 居里/升组的结果基本相似。这就说明, 生物对水体中含量较少的放射性物质具有高度浓集的能力^[3]。而鲫仔鱼吸收⁹⁰锶的比放射性大小则与试液比放射性大小有明显的正比关系。即试液中比放射性越大, 仔鱼体内的比放射性也就越高(图 4)。

参 考 文 献

- [1] 汪安琦, 王元春, 1960. X-射线照射成熟金鱼对其仔鱼胚胎发育影响。动物学报, **12**(1): 127—130。
- [2] 华瑶等, 1964. ⁶⁰Co-γ 射线对鲤鱼卵胚胎发育影响的研究。原子能科学技术, **12**: 1411—1414。
- [3] 朱蕙等, 1980。利用水生植物清除水体中放射性物质的研究(III)。水生生物学集刊, **7**(1): 121—130。
- [4] Nakahara, M., 1979. Accumulation and excretion of cobalt-60 taken up from seawater by marine fishes. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **45**(11): 1423—1428.
- [5] Nakahara, M., 1982. Uptake and excretion of cobalt-60 taken up from seawater by *Octopus vulgaris*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **48**(12): 1739—1744.
- [6] Поликарпов, Г. Г., 1964. Латентный период и поздний радиобиологический эффект, радиоэкология морских организмов стр. 196—207. Атомиздат.

1) 积累系数 = $\frac{1 \text{ 克仔鱼(干物质)} \text{ 中 } ^{90}\text{Sr} \text{ 脉冲数/分钟}}{1 \text{ 毫升试液中 } ^{90}\text{Sr} \text{ 脉冲数/分钟}}$ 。

STUDIES ON THE EFFECT OF ^{90}Sr ON EMBRYONIC DEVELOPMENT OF *CARASSUS AURATUS* AND THE ABSORPTION AND ACCUMULATION OF ^{90}Sr BY ITS FRY

Zhu Hui and Liu Peilin

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan)

Abstract

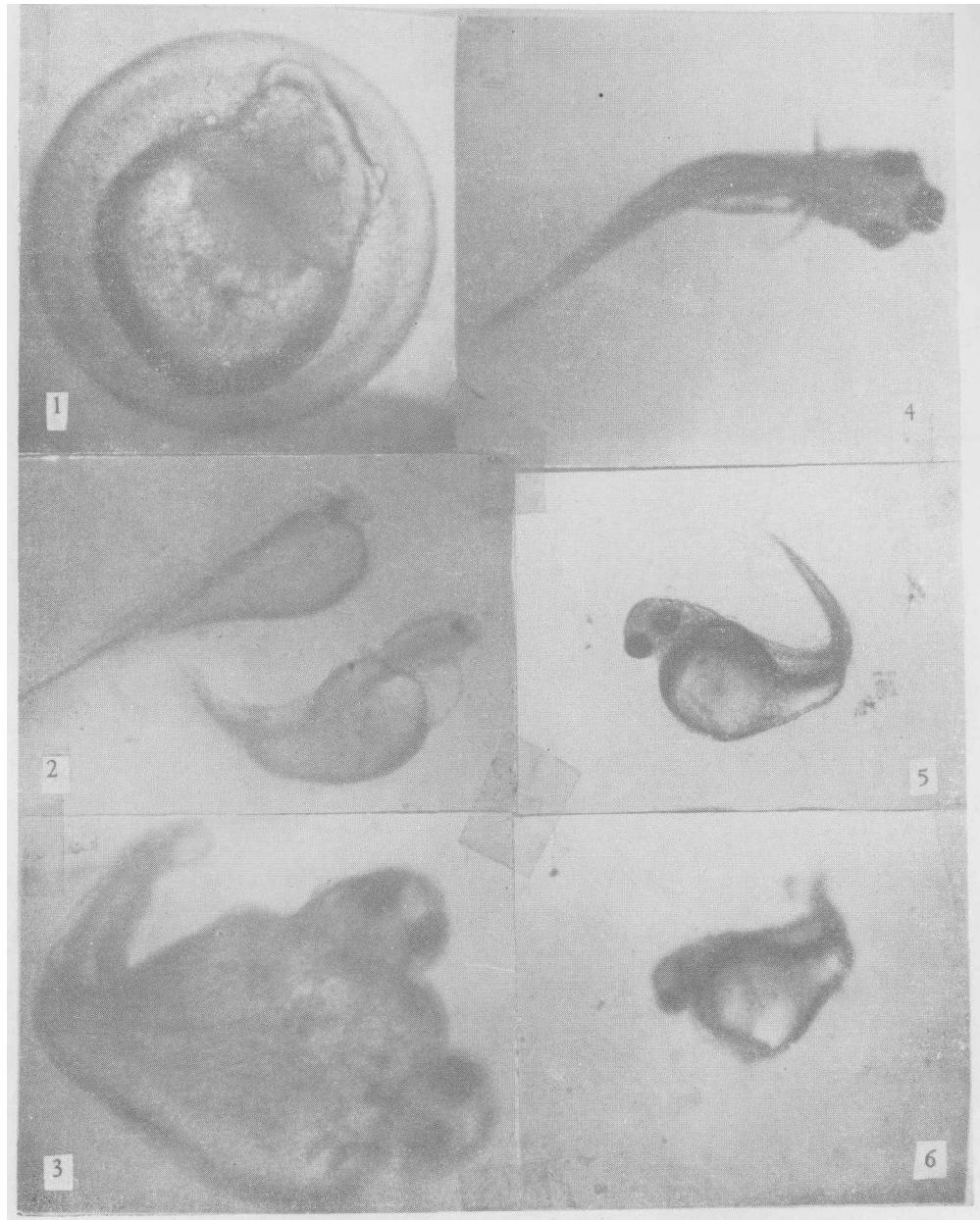
Experimental result of the effect of ^{90}Sr on embryonic development of *C. auratus* and the absorption and accumulation of ^{90}Sr by fry of *C. auratus* are summarized as follows:

During the embryonic development of *C. auratus*, embryonic malformation and mortality occurred in each group of experiments. The percentage of malformation and mortality rose along with the increase of specific radioactivity. For example, in the hatching stage, it was: Control-21%; 5×10^{-11} Ci/l—36%; 5×10^{-10} Ci/l—40%; 5×10^{-9} Ci/l—45%.

Peak-value of malformation occurred in the stage of blastula and crystalline body formation. Types of deformities were: (1) Curvatures of the vertebral column or tail; (2) Small head or malformation of head; (3) Short body or malformation of tail; (4) Edematous yolk sac and pericardium.

In general, total radioactivity of absorption and accumulation by *C. auratus* was in direct proportion to specific radioactivity. Accumulation coefficient, however, was independent of the weight of *C. auratus* and the specific radioactivity of experimental solution.

Key words ^{90}Sr radiation, Embryonic development of *Carassus auratus*, Absorption and accumulation by *Carassus auratus*



1 畸形囊胚图 2—3 畸形仔鱼($5 \times 10^{-9}\text{Ci/l}$)；4 畸形仔鱼($5 \times 10^{-10}\text{Ci/l}$)；
5—6 畸形仔鱼($5 \times 10^{-11}\text{Ci/l}$)。

1 Malformed blastula 2—3. Malformed larvae ($5 \times 10^{-9}\text{Ci/l}$); 4 Malformed larvae($5 \times 10^{-10}\text{Ci/l}$); 5—6 Malformed larvae($5 \times 10^{-11}\text{Ci/l}$).