

白鲢卵巢发育过程中的磷化合物 含量变化的研究* **

郑斯涌 馬志章 江希明

(杭州大学生物系)

在家魚人工繁殖过程中，性腺的发育成熟是保证生产的先决条件。因此，如何促进亲魚的性腺发育是生产上的关键問題之一，这在我国北方較冷地区尤为重要。近年来在生产实践中已創造出一些优良的养殖經驗，但是由于魚卵的构造比較复杂，卵巢发育中的代謝过程也极为繁复，因而，对于这些实际經驗还不易从理論上加以闡述，这就影响了生产技术的繼續提高和发展。为了解决这个問題，必須对魚体性腺的发育过程及其变化机制进行研究，才能对亲魚培育的技术措施，提供理論上的依据和改进的建議。本文拟先就白鲢的卵巢发育过程中的物质变化問題进行初步的分析研究。

过去，国外曾有一些对魚类性腺的化学分析資料^[5, 10]，但大多是从食品营养价值的角度来进行工作的，对卵巢的发育过程的物质变化很少涉及。也有过一些关于海洋洄游魚类，性腺发育的物质組成变化的分析工作^[9, 11]，但对淡水經濟魚类的研究工作則报导不多。最近王祖熊等(1964)对白鲢的生殖周期中，卵巢的生化組成变化和脂肪含量的变化和性质曾有过一篇报告^[1]；施璩芳等(1964)对鲢魚性腺的組織化学变化也做了詳細的研究^[3]，他們都为白鲢性腺发育过程中的物质变化提供了不少的研究資料。

由于魚卵中的大量卵黃物质都含有与磷酸結合的磷化合物，例如魚卵磷蛋白、卵磷脂等；此外，魚卵中的核酸以及一些高能物质如三磷酸腺苷等也都具有磷酸的組成部分，因此研究魚卵巢中的这些磷化合物的含量变化，就可以大致地反映卵巢发育中的物质变化情况。本文即就白鲢卵巢发育过程中，各种磷化合物的組成情况結合其它有关物质进行分析，借以探討卵巢发育过程中的这些物质变化的規律和意义。

一、材料和方法

实验所用材料系浙江菱湖內塘飼养的白鲢，于1963及1964年5~6月取材进行分析，其中有一部分是在冬季預先放入外蕩围箔中飼养以延迟其性腺发育，以便在春季时可取得不同发育阶段的卵巢材料。試驗魚的体重規格和性腺情况可見表1。

性腺分期除按 Мейен 的标准进行外形观察外，还就卵巢的組織学切片 按照卵母細胞中卵

* 承浙江淡水水产研究所提供实验条件和材料，特此致謝。

** 本文撰写时承陈士怡教授提供宝贵意見，特此致謝。

黄充盈情况和Ⅳ期卵巢在整个卵巢切片中所占的比重进行分期。

表 1 試驗魚的取样记录

Table 1 The sampling data of the fishes analyzed.

卵巢发育期	魚 数	平均体重 (公斤)	平均卵巢重 (克)	卵巢重/体重
Ovarian stage	Nos. of fishes	Average body wt.(kg)	Average ovarian wt.(g)	Gono-somatic index
I 期 Stage I	7	1.04	6.80	0.67
II 期 Stage II	5	2.08	26.42	1.33
IV 期初 Stage IV a	3	4.99	143.83	3.14
IV 期中 Stage IV b	7	4.05	500.57	11.09
IV 期末 Stage IV c	6	4.90	747.00	14.76

磷化合物的提取和测定是采用 Schneider(1945)和 Schmidt与Thannhauser(1945)的方法,将卵巢匀浆分别提取成为酸溶性磷化合物(A)、磷脂(L)、磷蛋白质(Pp)、核糖核酸(RNA)和去氧核糖核酸(DNA)几个部分^[17,18],然后用 King(1932)的比色法测定其中的含磷量^[19]。另外取 0.5 克卵巢直接测定其中的含磷量,即为总磷(T)。

再取一部分卵巢材料经烘干后测定水分、蛋白质和脂肪含量。蛋白质用微量凯氏定氮法测定,脂肪测定用酸水解法^[13]。

二、结 果

(一) 不同发育阶段的白鲢卵巢磷化合物含量的测定

各期卵巢磷化合物的测定结果可见表 2。从测定的结果中可以见到,由 I 期发育到 IV 期末时,单位重量卵巢中的总磷量的变化并不太大,只增加了 23% 左右;但是其中各种磷化合物的含量,却有很大的变化。

在 II 期卵巢中以酸溶性磷和 RNA 磷所占的比例最大,分别占 33.45% 和 55.23%;磷脂、磷蛋白质和 DNA 磷的比例则很小,三者总共只占 11% 左右。

当性腺逐渐发育时,单位重量卵巢中的磷脂磷和磷蛋白质磷即逐渐增多, RNA 磷和酸溶性磷相对地减少,而 DNA 磷则基本上保持恒定。

到 IV 期末时卵巢中的磷脂磷和磷蛋白质磷分别增长到 55.01% 和 8.98%, RNA 磷和酸溶性磷则降低到 17.27% 和 15.91%, DNA 磷仍和 I 期时相仿。

上述结果是就整个卵巢进行分析所得,其中不但包括各期卵母细胞的物质组成,也包括卵巢组织和滤泡细胞的物质在内。当成熟卵从卵巢中排出之后再经测定时,其中的磷化合物的组成基本上与 IV 期末的卵巢相似,只是其中的 DNA 和磷蛋白质有所减少,约及卵巢的一半;总磷也较卵巢减少 30%。

(二) 卵巢发育过程中的水分、蛋白质和脂肪含量的测定

如表 3 所示, I 期卵巢中的水分含量很高(83.65%),以后随着卵母细胞的发育,水分含量即逐渐减少,到 IV 期末时即减至 58.60%,共减少了约 25% 左右。成熟卵由卵巢中排出

表 2 白鲢卵巢发育过程中磷化合物的含量
Table 2 The phosphorus contents of the phosphorus compounds in the developing ovaries of *Hypophthalmichthys molitrix*.

卵巢发育期 Ovarian stage	分析鱼数 Nos. of fishes analyzed	含 磷 量 (微克磷/克卵巢) Phosphorus contents ($\mu\text{gP/g. ovary}$)					
		T	A	L	RNA	DNA	Pp
I 期 Stage I	7	4580.74 \pm 679.97	1356.95 \pm 150.85 (33.45%)*	305.15 \pm 67.39 (7.52%)	2240.53 \pm 686.87 (85.23%)	117.34 \pm 18.72 (2.89%)	36.84 \pm 12.41 (0.91%)
II 期 Stage II	5	4898.88 \pm 389.96	1331.39 \pm 125.26 (30.66%)	407.62 \pm 55.84 (9.39%)	2394.63 \pm 201.68 (53.13%)	142.43 \pm 23.62 (3.28%)	66.93 \pm 4.69 (1.54%)
IV 期初 Stage IVa	3	4486.29 \pm 631.75	1030.17 \pm 152.42 (26.58%)	443.64 \pm 34.86 (11.45%)	2140.01 \pm 186.98 (56.20%)	129.63 \pm 39.37 (3.34%)	133.06 \pm 75.03 (3.43%)
IV 期中 Stage IVb	7	5356.29 \pm 369.55	826.87 \pm 88.52 (16.48%)	2444.40 \pm 111.42 (48.73%)	1177.32 \pm 251.26 (23.47%)	184.11 \pm 53.74 (3.67%)	383.88 \pm 78.33 (7.65%)
IV 期末 Stage IVc	6	5645.70 \pm 139.90	787.50 \pm 36.18 (15.91%)	2722.85 \pm 185.84 (55.01%)	855.03 \pm 148.97 (17.27%)	139.90 \pm 23.15 (2.83%)	444.66 \pm 84.72 (8.38%)
未受精卵 unfertilized eggs	3	4097.71 \pm 304.89	1011.13 \pm 129.66 (25.88%)	1940.90 \pm 50.87 (49.69%)	735.23 \pm 2.01 (19.82%)	69.72 \pm 12.14 (1.79%)	149.06 \pm 60.10 (3.82%)

* 占同期总磷量的%。

% in the total phosphorus in the same stage.

T=总磷量(Total phosphorus)

A=酸溶性磷化合物(Acid soluble phosphorus compounds)

L=磷脂(Phospholipid)

RNA=核糖核酸(Ribonucleic acid)

DNA=脱氧核糖核酸(Deoxyribonucleic acid)

Pp=磷蛋白(Phosphoprotein)

表3 白鲢卵巢发育过程中水分、蛋白质和脂肪的含量

Table 3 The contents of water, protein and fat in the developing ovaries of *H. molitrix*.

卵巢发育期 Ovarian stage	鱼数 Nos. of fishes	含水量 (%) Water content	蛋白质含量 (%) Protein content		脂肪含量 (%) Fat content		蛋白质/脂肪 Protein/Fat
			干重 Dry wt.	鲜重 Wet wt.	干重 Dry wt.	鲜重 Wet wt.	
			I 期 Stage I	9	83.65±0.52	83.79±1.70	
II 期 Stage II	5	82.51±1.41	85.03±2.83	14.89±1.40	8.84±4.14	1.53±0.73	9.73
IV 期中 Stage IVb	2	61.39±2.52	73.53±0.04	28.41±1.81	15.82±0.14	6.11±0.35	4.65
IV 期末 Stage IVc	4	58.60±1.41	73.80±2.69	30.57±1.20	16.10±0.24	6.75±0.41	4.53
未受精卵 Unfertilized eggs	6	70.56±0.81	72.93±1.77	21.47±0.93	17.35±1.17	5.11±0.38	4.20

后, 其中的水分含量即上升到 70% (此卵直接由鱼腹取出, 未曾和水接触), 这显示了水分代谢在性腺发育和排卵过程中发生了很大的变化。

卵巢中的蛋白质和脂肪的含量(鲜重)在发育过程中都有增长。在 II 期卵巢中蛋白质含量占鲜重的 13.69%, 脂肪只占 1.16%, 二者间的比值为 11.8; 随着性腺的发育二者的含量都有增加, 以 IV 期中的增长最为明显, 到 IV 期末时蛋白质增加到 30.57%, 脂肪增到 6.75%, 二者的比值成为 4.53, 可见在发育过程中脂肪的增长率大于蛋白质。在产出的卵子中, 由于水分的含量增加, 卵中的蛋白质和脂肪的含量都较 IV 期卵巢略少。但是从干重的测定来看, 蛋白质的含量并未增长, 在 IV 期后反而降低。

三、讨 论

(一) 白鲢性腺发育过程中卵巢的物质变化规律

1. 各期卵巢中磷化合物的含量变化

在 I、II 期卵巢中酸溶性磷化合物和 RNA 的含量很高, 占全部磷化合物的 85% 以上, 其余三种合计还不到 15%。从 IV 期初开始, 磷脂和磷蛋白质即迅速增长, 至 IV 期中已达到总磷量的一半以上; 酸溶物质和 RNA 则相应地降低; DNA 的含量则在各期中大致恒定(图 1)。这些磷化合物的含量比例的改变, 事实上反映了卵母细胞生长过程中所经历的变化。

从组织切片中可以看出, 当卵巢进行发育时, 卵母细胞即不断生长膨大, II 期时出现卵黄泡, 自 IV 期初即开始有卵黄粒的形成, 以后逐渐增多而达到充盈程度, 发育即告完成。这种卵黄形成所经历的发育阶段, 也正是磷脂和磷蛋白质大量增长的时期, 因此可以认为磷脂和磷蛋白质的增长和卵母细胞的卵黄形成有关。

卵巢由 IV 期发育到 V 期时, 卵母细胞发育成熟后即由卵巢中排出。由表 2 可以看出, 成熟卵的含磷物质的组成比例和 IV 期末卵巢的基本相似, 可见发育后期卵巢的物质组成主要由晚期卵母细胞所体现。但是二者之间仍稍有差异, 主要是在成熟卵中酸溶性物质含量稍高, 而

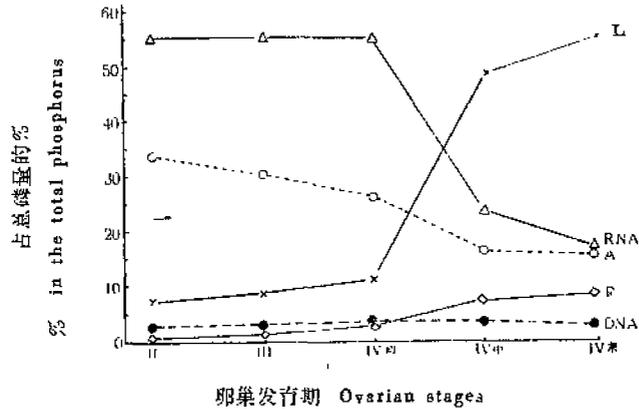


图 1 白鲢卵巢发育过程中各种磷化合物含量分布的变化
 Fig. 1 The variations of the percentage distributions of the phosphorus compounds in the developing ovaries of *H. molitrix*.

DNA 和磷蛋白质則較低。这可能是与卵母細胞的成熟和排卵过程的生理活动有关，因为这些活动必然要有較大的能量消耗，很可能就以部分磷蛋白质作为能源使用，因而使磷蛋白质的含量减少；它在磷酸解后所产生的磷酸根就加入到酸溶物质的組成中，而使后者的含量有所升高。关于这点还需要进一步研究証实。

以上所述，是就这些物质在单位重量卵巢中的数量而言，如果从整个卵巢中的磷化物含量来看，由于卵巢的重量在发育中有很大的增长(平均增长 109.85 倍)，因此各种磷化物的数量在卵巢发育过程中都有不同程度的增长(表 4)；其中酸溶性物质和 RNA 的增长率較低；DNA 的增长率和卵巢本身的增长相仿；最突出的是磷脂和磷蛋白质，他們在整个发育过程中分别增长了 980.19 和 1333.13 倍。这样的增长幅度和 Barth, L.G. 与 Barth, L.J. 于 1954 年計算 Grant(1953) 在蛙 (*Rana temporaria*) 中所得的材料大致相似^[9, 10]。由此可知白鲢卵巢和其

表 4 白鲢卵巢发育到各期时各种物质的增长倍数*

Table 4 The increasing multiples of ovarian constituents at various developing ovarian stages of *H. molitrix*.

卵巢发育期 Ovarian stage	卵巢重量 Ovarian weight	基本物质 Main constituents			磷化合物 Phosphorus compounds					
		水分 Water	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	T	A	L	RNA	DNA	Pp
I—II 期 Stage I—II	3.89	3.84	4.23	5.13	4.16	3.83	5.20	4.16	4.72	7.11
I—IV 期初 Stage I—IV a	21.15				20.71	16.06	30.75	20.20	23.37	76.81
I—IV 期中 Stage I—IV b	73.61	54.02	152.76	387.72	86.07	44.85	589.65	38.68	115.50	771.22
I—IV 期末 Stage I—IV c	109.85	76.95	245.30	639.21	135.39	63.75	980.19	41.92	130.97	1333.13

* 以 I 期卵巢的含量为基数而計算其增长的倍数。

The increasing times calculated on the basis of the contents in the stage I ovary.

它多黄卵的卵巢一样，在发育的过程中都有大量的磷化合物的形成，这些磷化合物的合成和积累，对鱼体的代谢活动和饵料要求，必然会产生巨大的影响。

2. 各期卵巢中的水分、蛋白质和脂肪的含量变化

随着发育过程中磷脂和磷蛋白质的增长，卵巢中的脂肪和蛋白质含量也有很大的增加，含水量则有降低。在整个发育过程中卵巢中的蛋白质增长了245.30倍，脂肪增长639.21倍，它们也同样地参与了卵黄的组成。由于脂肪的增长率大于蛋白质，因此卵巢中的蛋白质和脂肪的比值随着卵巢的发育而逐步降低（表3），由Ⅱ期时的11.80降低到Ⅳ期末的4.6。这些数值较王祖熊等（1964）所得的稍高^[1]，可能是由于测定脂肪所用的方法不同所致。由蛋白质和脂肪的比值的变化的过程中可以看出，早期卵巢中的卵母细胞主要是由原生质所组成，到发育后期由于卵黄的大量形成，因此脂肪的含量即有较大的增长。

如上所述，在卵巢发育过程中脂肪、蛋白质和磷脂、磷蛋白质一样，都有很大的增长。但是在卵母细胞中这些磷化合物和脂肪、蛋白质的比例关系如何，从我们的数据中还不得出答案。王祖熊等（1964）的文中曾从脂质皂化值算出磷脂系数，再乘以磷脂磷的百分比而推算出磷脂占脂质的百分比^[1]。现在，可以借用他们的磷脂系数来算出我们所测白鲢各期卵巢中磷脂占脂质的百分比（表5）。由推算出来的数值中可以看出，在卵巢发育中磷脂在脂质中的百分比逐渐升高，到Ⅳ期末时可达7.83%。但是从它们的总量来看，卵母细胞的物质组成中脂肪的含量仍远大于磷脂，估计在磷蛋白质和蛋白质的比例关系中也有类似的情况。

表5 白鲢卵巢发育各期的磷脂含量（计算值）
Table 5 The phospholipid contents in the developing ovaries
of *H. motatrix* (calculated values).

卵巢发育期 Ovarian stage	磷脂磷 % % of phospholipid phosphorus	磷脂系数* Phospholipid index	磷脂占脂质 % % of phospholipid in the total lipid
Ⅱ期 Stage Ⅱ	0.041	27.85	1.14
Ⅳ期初 Stage Ⅳa	0.044	29.25	1.28
Ⅳ期中 Stage Ⅳb	0.244	23.94	7.31
Ⅳ期末 Stage Ⅳc	0.272	28.80	7.83
未受精卵 Unfertilized eggs	0.194	28.16	5.46

* 用王祖熊等1964的数据^[1]

according to the data of Wang et al. 1964^[1]

3. 卵巢物质含量变化规律的实践意义

如上所述，卵巢在发育过程中其磷脂、磷蛋白质、脂肪和蛋白质的总量都有几百倍到一千多倍的增长，因此，必须有充分的物质和能量的供应，才能满足这种大量的物质合成的需要。根据王祖熊等（1964）文中所述，白鲢卵巢发育过程中所需的蛋白质不可能由体内供应，脂肪则只能由体内转移一部分^[1]，因此白鲢卵巢发育所需的物质绝大部分只能从饵料营养中取得供应。

由表 4 中还可看出,上述这些物质的大量增长主要是在Ⅳ期初到Ⅳ期中的一段时期里。在浙江地区白鮰大多是在Ⅲ期时越冬^[4],在二、三月时才进入Ⅳ期初,到五月初发育即告完成。由此可见这种大量的物质合成活动,实际上仅在两、三个月期间内完成,因此,这段期间内的饵料供应情况就和鱼的卵巢发育具有密切关系。

我们曾在 1962 和 1963 年冬季十二月时,将部分白鮰亲鱼由内塘移入外荡围箔中饲养,到次年春季生殖季节时解剖,结果发现外荡中的卵巢发育远比在内塘的差,根本不能达到发育成熟的阶段。由此可见春季营养对白鮰的卵巢发育具有重要的保证意义。

浙江省淡水水产研究所曾总结出一套亲鱼强化培育的生产经验。从我们的分析结果中也可以证实,这种强化培育的生产措施完全符合亲鱼卵巢发育的自然规律,在春季性腺发育的关键时期内如能供应充足的饵料食物,便可以保证卵巢发育时,对大量物质合成的原料需要,因而可以使得卵巢发育如期完成。如能再进一步改进饵料质量,提高其中的蛋白质、脂肪和磷的含量,其效果当可更为显著。这些措施对于我国北方较冷的地区尤为重要。

(二) 磷化合物在卵母细胞中的功能

1. 磷脂和磷蛋白质

磷脂和磷蛋白质是卵中的主要能量储备物质,它们大多具有高能磷酸键,当这些高能磷酸键脱落时,可以释放大量能量以供胚胎发育之用。Barth, L.G. 与 Barth, L.J. (1954) 曾就蛙胚发育时的能量问题加以综述^[4], Yamagami (1960a, b) 在闊尾鱈鱼和虹鱈中也对磷脂和磷蛋白质在胚胎发生过程中的消耗过程作了探讨^[10, 11], 都肯定了它们在胚胎发育时的能量供应的作用。除此而外,磷脂和磷蛋白质还可为胚胎发育时的物质组成提供材料,因此它们在卵母细胞中的积累也同时具有物质储备的作用。

Yamagami (1962) 用色层分离方法,分析了虹鱈卵中的磷脂,认为它是由七种成分组成,其中有一种脑磷脂,四种卵磷脂,一种神经磷脂和一种未知的成分^[12]。从这些物质的性质看来,它们对胚胎发育时细胞膜的结构和细胞器的形成当有重要的作用。

Grant (1953) 文中指出,蛙卵的磷蛋白质有 92% 存在于卵黄中,磷脂则有 52% 在卵黄中^[10]。至于白鮰卵中的情况,由于还没有做过卵黄的分离分析,尚不能加以确定。不过由于磷脂和磷蛋白质的含量增长和卵黄形成在时间上的一致性,以及从组织切片中所看到的卵母细胞中,卵黄粒高度充盈的事实来看,这种大量增长的磷脂和磷蛋白质也是大部分都参加了卵黄的形成,当然还有一部分是存在于原生质和细胞器之中。

2. 酸溶性磷化合物

酸溶性磷化合物的内容比较庞杂,其中包括无机磷酸盐、三磷酸腺苷(ATP)、二磷酸腺苷(ADP)以及其它有机磷化合物,它们一般都存在于细胞的基质中。Grant (1953) 分析蛙卵的酸溶性磷化合物有 40% 存在于卵黄中^[10],但是从我们的分析数据看来,它在卵巢发育中的含量比例随着卵黄的增长而下降,因此可以认为,即使它可以参加卵黄的组成,其数量也不会太大。

ATP 和 ADP 等是含有高能的能量供应物质,它在卵中的形成显然具有能量储备的意义。无机磷酸盐则可以作为磷酸的物质储备,在胚胎发育时对于核酸合成具有重要意义。同时,在各种磷化合物的代谢过程中,磷酸根的脱落或转移都要经过无机磷酸盐的中转阶段^[10, 13],因此它的含量常可因其它磷化合物的代谢活动而有所增减。

3. 核酸

核酸中的 RNA 主要存在于细胞质和核仁中,这在白鲢的组织化学观察中已得到证实^[3]。由于在卵黄大量充盈的晚期卵巢中 RNA 的含量比例的大量降低(表 2),因此可以认为 RNA 参与卵黄形成的数量可能是不大的。Grant 在蛙卵的分析中也有这样的看法^[40]。

RNA 在蛋白质合成中的作用早经证实。白鲢的 I~IV 期初的卵巢中具有大量的 RNA,此时正是卵母细胞原生质增长旺盛时期,可以想见 RNA 合成蛋白质的机能在白鲢的早期卵母细胞中也同样地有所体现。但是在发育后期蛋白质和磷蛋白质增长很快,而卵母细胞中的 RNA 比例却相对地减少很多,这样就和上述的见解有所矛盾。根据王精豹等(1964)的白鲢血浆蛋白的电泳分析工作,在卵黄形成过程中,血液中出现有 β -球蛋白和脂卵黄球蛋白类物质,它们在卵巢发育完成后即行减退^[41]。由此可以想到卵黄形成时的蛋白质物质不一定完全由卵母细胞中合成,这样就可以理解在卵黄形成时期 RNA 含量和蛋白质增长不一致的矛盾了。由上所述可以认为 RNA 在卵母细胞中的作用:一方面是为将来的胚胎发育提供物质储备,另一方面则为卵母细胞本身的生长发育进行蛋白质的合成工作,它在卵巢中的含量变化可能在一定程度上反映卵母细胞中的蛋白质合成状态。

核酸中的 DNA 只在核质中存在,此点可由白鲢卵巢的组织化学观察中得到证实^[42]。如果假定各种细胞中的 DNA 含量都是均等的,则卵巢中的 DNA 含量应当和其中的细胞数量相关。在卵巢的发育过程中,由于卵母细胞的逐渐增大,因此在单位重量卵巢中卵母细胞的数量即逐步减少,但是测定的结果,各期的 DNA 含量却大致恒定(表 2),这就有些难以理解。此外,在卵巢中晚期卵母细胞的外面均包有两层很小的滤泡细胞,因此卵巢中卵母细胞和滤泡细胞的数量相差极大,至少在 1:100 以上。但是在测定中,一克纯卵的 DNA 含量仅及一克卵巢的一半(表 2)。因此不得不认为成熟卵中 DNA 的含量与卵巢中其它细胞中 DNA 的含量不是均等的,并且要比一般细胞的 DNA 含量大出许多。Кафманн(1958, 1964)曾测定星鲷和泥鳅的精子的 DNA 含量分别为 $2.12 \times 10^{-8} \sim 2.50 \times 10^{-6}$ 微克和 2.6×10^{-6} 微克;而一个卵子中的 DNA 含量在两种鱼中则可分别达到 0.9 和 0.3 微克。他们认为这种巨大的差异是由于卵中具备了大量的 DNA 储备用以适应其胚胎在卵裂时迅速形成核质的需要^[43]。我们根据成熟卵的重量计算出一个白鲢卵中可含有 0.12 微克 DNA (以磷值计),这个数值和 Кафманн 所测定的相差不多,可能在白鲢卵中特高的 DNA 含量也同样具有上述的物质储备的意义。此外, DNA 的遗传作用也不能忽视。

4. 磷化合物含量的变化在卵母细胞发生中的意义

由上可以看出磷化合物含量在卵巢发育过程中发生了很大的变化,这些变化的意义不外乎两方面:一是为将来的胚胎发育积累大量的能量和物质储备;另一方面是参与卵母细胞的发育生长的代谢活动。这两方面的活动是相互关联而又分阶段进行的,总的表现为卵母细胞中的物质的不断合成和积累。

从这些磷化合物的含量变化的过程来看(图 1),整个卵巢发育过程中的合成活动可以分成两个阶段:从 I 期到 IV 期初是第一阶段;这一阶段的合成工作是以增长原生质为主的蛋白质合成,在卵母细胞的磷化合物组成中表现为 RNA 和酸溶性物质的含量特高,它们的大量存在即与当时的合成活动有关。第二阶段是由 IV 期初到 IV 期末;这个时期的合成特点是以卵黄形成为主,在卵母细胞的物质组成中就表现为磷脂和磷蛋白质的大量增长。DNA 的合成和积

聚的过程表现不很明显，可能也是在后一阶段中进行的（表 4）。

(三) 几种鱼类和两栖类卵巢或卵中的磷化合物含量比较

卵细胞中具有大量的磷化合物是许多动物卵中的共同现象，表 6 中引述了几种鱼类和两栖类卵巢或卵中的磷化合物的组成情况。

表 6 几种鱼类和蛙卵中或成熟卵巢中的磷化合物的含量比较
Table 6 A Comparison of the compositions of phosphorus compounds in the eggs or mature ovaries of some fishes and frog.

磷化合物 Phosphorus compound	白 鲢 <i>H. Molitrix</i>		鲫 鱼* <i>Carassius carassius</i>		星 鲃* <i>Acipenser stellatus</i>		闊尾鱈魚* <i>Oryzias latipes</i>		蛙* <i>Rana temporaria</i>			
	IV 期 卵 巢 mature ovary		未 受 精 卵 unfertilized eggs		IV 期 卵 巢 mature ovary		未 受 精 卵 unfertilized eggs		未 受 精 卵 unfertilized eggs		卵 巢 卵 ovarian eggs	
	微克磷/克 μgP/g	%*	微克磷/克 μgP/g	%	微克磷/克 μgP/g	%	微克磷/卵 μgP/egg	%	微克磷/100 卵 μgP/100 eggs	%	微克磷/100 卵 μgP/100 eggs	%
T	5645.70		4097.71		3995.99		42		180		1036	
A	787.50	15.91	1101.13	35.88	614.59	17.03	3.8	9.57	36	19.15	73.9	6.39
L	2732.85	55.01	1940.90	49.69	1198.44	33.21	9.5	23.93	57	30.32	232.8	20.15
RNA	855.03	17.27	735.23	18.82	745.12	20.65	7.5	18.89	24	12.76	217.3	18.81
DNA	139.90	2.83	69.72	1.79			0.9	2.27				
Pp	444.86	8.98	149.06	3.82	1050.93	29.12	18	45.34	71	37.76	631.3	54.64

* 占总磷% % in the total phosphorus.

*1 作者未发表的材料 Unpublished data of the authors.

*2 Кафани, et al., 1958.^[5]

*3 Yamagami, 1960^[10].

*4 Grant, 1953^[10].

从它们的各种磷化合物的种类和组成比例看来，所引述的几种卵的组成情况基本一致。一般都是磷脂和磷蛋白质含量较高；核酸磷的比例也大致相近；酸溶性物质则稍有差异。可见这些动物种类虽有不同，但在卵的物质组成上都很相似，这个事实动物的系统演化上可能具有一定意义。

但是白鲢的组成和其它种类相比也具有一些差别，从表中可以看出白鲢卵巢和卵中的磷蛋白质含量比其它种类的低得多，而磷脂的含量则较高。这除了由于分析的方法所产生的差异外，很可能还反映了他们之间的生殖生物学特点的差异。

表中的其它几种鱼及蛙的卵，产出后多是附着在水草上或沉在水底发育，它们的胚胎发育的时间都较长，在通常的温度下一般都要在一个星期以上才能孵化出膜。白鲢卵的比重则较轻，在急流冲击下可以在水面漂流，在通常温度下一般二十几小时即可孵化出膜。这种快速的胚胎发育对于其发育时的能量供应的要求可能要比其它种类要少一些。

据根 Yamagami 1960 年在闊尾鱈魚的胚胎发育的研究中，曾发现在早期的胚胎发育过程中卵中的磷蛋白质含量降低很多，而磷脂的消耗则在孵化出膜后才开始进行^[10]的报告；以及 Кафани 和 Тимофеева 1962 年在泥鳅的胚胎发育的研究中也有过类似的发现^[6]。可见，在鱼类的早期胚胎发育时是以磷蛋白质作为其发育的能源的，因此，白鲢卵中的磷蛋白质含量较低的原因，也可以从它的胚胎发育期短的现象中求得解答。至于磷脂的含量较高是否和它的比重较轻有所关联，一时还不能作出结论。

四、总 结

1. 本文分析了白鲢在性腺发育各个阶段时, 卵巢中的各种磷化合物以及水分、蛋白质和脂肪的含量变化。

分析的结果表明: 卵巢由Ⅱ期发育到Ⅳ期末时, 每克卵巢中的酸溶性磷化合物和 RNA 的含量均有降低; DNA 含量保持恒定; 磷脂和磷蛋白质的含量则有很大的增长。同时, 脂肪和蛋白质也有一定的增长。上述这些变化以Ⅳ期初到Ⅳ期末最为显著。

从整个卵巢的发育过程来看, 各种物质均有一定的增长, 其中酸溶性物质和核酸的增长幅度都不很大; 而磷蛋白质则总共增长了1,333倍、磷脂980倍、脂肪639倍、蛋白质245倍, 这些物质的大量增长即形成了卵黄的物质基础。

从浙江地区的白鲢性腺发育的时间来看, 卵巢由Ⅳ期初发育到Ⅳ期末的过程主要在春季2~4月间进行, 在短短的三个月左右的时间内卵巢中要增长这样大量的物质, 除了鱼体本身要进行大量的代谢活动外, 必须有充分的饵料供应才能保证卵巢的发育。由此可见, 春季的强化培育是养好繁殖亲鱼的一项重要重要的技术措施。

2. 从白鲢卵巢发育过程中各种磷化合物的组成分布和含量变化来看, 卵巢发育可以分为两个阶段, 其间以Ⅳ期初作为分界。

在前一阶段中卵巢的酸溶性化合物和RNA的含量很高, 磷脂和磷蛋白质很低, 这段时间的发育是以幼年卵母细胞的原生质合成为主; 在后一阶段中卵母细胞中的酸溶物质和RNA的比例降低, 而磷脂和磷蛋白质大量增长, 这一阶段的主要特点是卵母细胞中的卵黄大量形成。

3. 根据这些物质在白鲢卵巢发育过程中的含量变化和存在形式, 可以认为鱼类卵巢发育的主要特点, 是在卵母细胞中形成了大量的能量和物质储备, 这对于将来的胚胎发育在能量和物质供应上具有重要的保证意义。

参 考 文 献

- [1] 王祖熊、孙美娟、高汉斌、朱蓝非、赵明蔚, 1964. 池养白鲢生殖周期中卵巢生化组成变化的研究. 水生生物学集刊, 5(1): 103—114.
- [2] 王精豹、王祖熊, 1964. 白鲢血浆蛋白组成的变动及其与卵黄形成的关系. 水生生物学集刊, 5(1): 122—126.
- [3] 施琼芳、尹伊伟、胡传林、张水元, 1964. 鲢鱼性腺周年变化的研究. 水生生物学集刊, 5(1): 77:102.
- [4] 刘元楷, 1963. 池养白鲢卵巢发育周期的观察. 浙江省淡水水产研究所研究报告.
- [5] Кафиани, К. А., Р. И. Таторская и С. М. Канопкаяте, 1958. Фосфорный обмен в эмбриональном развитии осетровых рыб. *Биохимия*, 23(3): 416—428.
- [6] Кафиани, К. А., и М. Я. Тимофеева, 1962. Неорганический ортофосфат и фосфопротеины на эмбриональном развитии вьюна (*Misgurnus fossilis* L.). *Биохимия*, 27(5): 938—942.
- [7] Тимофеева, М. Я. и К. А. Кафиани, 1964. Нуклеиновые кислоты неоплодотворенных яиц и развивающихся зародышей вьюна. *Биохимия*, 29(1): 110—115.
- [8] Barth, L. G. and L. J. Barth, 1954. The energetics of development.
- [9] Chang, V. M., Tsuyuki, H. and D. R. Idler, 1960. Biochemical studies on sockeye salmon during spawning migration. XIII. The distribution of phosphorus compounds, creatine and inositol in the major tissues: *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 17(4): 565—582.

- [10] Grant, P., 1953. Phosphate metabolism during oogenesis in *Rana temporaria*. *J. Exp. Zool.*, 124, 513—544.
- [11] Greene, C. W., 1921. Chemical development of the ovaries of the king salmon during spawning migration. *J. Biol. Chem.* 48 (1): 59—72.
- [12] King, E. J., 1932. The colorimetric determination of phosphorus. *Biochem. J.*, 26 (1): 292.
- [13] King, E. J. and I. D. P. Wooton, 1956. Micro-analysis in medical biochemistry.
- [14] Kutsky, P. B., 1950. Phosphate metabolism in the early development of *Rana pipiens*. *J. Exp. Zool.*, 115, 429—460.
- [15] Needham, J., 1931. Chemical embryology. Vol. I.
- [16] Needham, J., 1942. Biochemistry and morphogenesis.
- [17] Schneider, W. C., 1945. Phosphorus compounds in animal tissues. I. Extraction and estimation of desoxyribose nucleic acid and ribonucleic acid. *J. Biol. Chem.*, 161: 293—303.
- [18] Schmidt, G. and S. J. Thannhauser, 1945. A Method for the determination of desoxyribonucleic acid, ribonucleic acid and phosphoprotein in animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 161: 83—90.
- [19] Yamagami, K., 1960a. Phosphorus metabolism in fish eggs. I. Changes in the contents of some phosphorus compounds during early development of *Oryzias latipes*. *Sci. Pap. Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo*, 10 (1): 99—108.
- [20] ———, 1960b. Phosphorus metabolism in fish eggs. II. Transfer of some phosphorus compounds from egg yolk into embryonic tissue in *Salmo iridicus* during development. *Ibid.*, 10 (2): 325—336.
- [21] Yamagami, K., and H. Mohri, 1962. Phosphorus metabolism in fish eggs. IV. Column chromatographic separation of phospholipids in the rainbow trout during embryonic and postembryonic development. *Ibid.*, 12 (2): 233—240.

QUANTITATIVE CHANGES OF THE OVARIAN PHOSPHORUS COMPOUNDS OF *HYPOPHthalmichthys molitrix* DURING OVARIAN DEVELOPMENT

CHENG SZU-YUNG. MA CHIH-CHANG AND KIANG HSI-MING

(Department of Biology, Hangchow University)

ABSTRACT

The phosphorus compounds in the ovaries of various developmental stages from the adult Chinese farm fishes, *Hypophthalmichthys molitrix*, were analysed according to the methods of Schneider 1945 and Schmidt and Thannhauser 1945. At the same time, the contents of water, protein and fat of the ovaries were also estimated with the usual biochemical methods.

In the ovaries of young developmental stages II and III, the acid soluble phosphorus compound (A) and ribonucleic acid (RNA) are significantly higher than the other phosphorus compounds—the phospholipid (L), phosphoprotein (Pp) and

deoxyribonucleic acid (DNA). The phosphorus content of the former two compounds constitutes more than 85% of the total phosphorus in the young ovaries. As the development advanced, the phosphorus contents of L and Pp increase promptly during stage IVa to IVc, while those of the A and RNA decrease during the same stages. The increasing features of the total protein and fat are essentially the same as those of L and Pp.

Although the contents of these phosphorus compounds manifest differently in a unit weight of various stages of ovaries, the total amount of all these constituents in one ovary increase in considerable extent during the development here considered. The most prominent feature is the increasing scale of the amounts of L and Pp, which increase 980- and 1,333-times respectively within the course of ovarian development studied. These changes seem to bear relation to the formation of yolk in the oocytes and the histological development of the ovary.

As the variation in the contents of these phosphorus compounds is considered, it is obvious that the major increase of L and Pp occurs mainly in the stage IV of development, which lasts from February to April for *Hypophthalmichthys molitrix* in our district. This means that such a vast increment of the ovarian materials may be synthesized in a short period of 2 to 3 months. Therefore, it is obvious that, in practice, a sufficient food supply in the 'spring' is indispensable for the ovarian development of the brood fishes to be used in the artificial propagation. This may offer from the theoretical aspect a technical guidance for the acceleration of the sexual maturity of the brood fishes in the pisciculture.

The changes in terms of the percentages of the different phosphorus compounds in different stages lead to the conclusion that the developmental process of the fish ovary may consist of two phases of synthesis: (1) the early phase, ranging from stage II to stage IVa, is characterized by the synthesis of protoplasm shown as an abundance of A and RNA; (2) the late phase including the stage IV as a whole, is marked by the synthesis of yolk indicated by an immense increase of L and Pp.

The biological significance of the formation of these phosphorus compounds in the ovarian development of the fishes studied is to incorporate the energy-rich phosphates into organic constituents in the oocyte as well as to synthesise a large amount of organic substances as reserve materials both for the embryonic development of the eggs after fertilization.