

## 饲料卵磷脂对施氏鲟血清卵黄蛋白原、卵径及性类固醇激素水平的影响

张颖<sup>1</sup>, 孙慧武<sup>2</sup>, 徐伟<sup>1</sup>, 孙大江<sup>1</sup>, 曲秋芝<sup>1</sup>, 刘晓勇<sup>2</sup>, 张永旺<sup>2</sup>

(1. 中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070; 2. 中国水产科学研究院 鲟鱼繁育技术工程中心, 北京 100141)

**摘要:** 采用不同大豆卵磷脂添加量[0、1%、2%、4% (*whw* 饲料)]的4种人工配合饲料(分别简称SLO、SL1、SL2和SL4)投喂5<sup>+</sup>龄施氏鲟(*Acipenser schrenckii*)后备亲鱼14个月,通过比较各饲料组实验鱼的血清卵黄蛋白原(Vg)、卵径和性类固醇激素水平,探讨大豆卵磷脂对施氏鲟性腺发育的影响机理,并为今后深入研究鲟亲鱼磷脂营养代谢提供基础数据。结果表明,饲料中大豆卵磷脂含量对施氏鲟的卵径发育无显著影响,对血清中Vg、睾酮(T)和雌二醇(E<sub>2</sub>)的浓度影响显著。投喂量为2%组的血清E<sub>2</sub>质量浓度(147.91 pg·mL<sup>-1</sup>)显著高于0%(113.72 pg·mL<sup>-1</sup>)和1%(129.63 pg·mL<sup>-1</sup>)组( $P < 0.05$ ),而4%组的血清E<sub>2</sub>质量浓度为139.68 pg·mL<sup>-1</sup>,介于二者之间。随着投喂时间和投喂浓度的增长,施氏鲟后备亲鱼的血清T含量浓度降低,而血清Vg浓度随日粮卵磷脂的添加水平和时间增加而升高。结果提示:①施氏鲟卵黄发生期后备亲鱼饲料卵磷脂的适宜添加量为2%,不足或过量对后备亲鱼的生殖机能均有不利影响;②通过影响血清T的产生从而影响施氏鲟的生殖可能是饲料中卵磷脂在施氏鲟生殖机制中的作用之一;③在施氏鲟后备亲鱼强化培育中可通过适当添加卵磷脂的量,从而实现性腺的正常发育,进而改善性腺发育状况、提高施氏鲟的繁殖性能。[中国水产科学,2010,17(4):783-790]

**关键词:** 施氏鲟; 后备亲鱼; 卵磷脂; 卵径; Vg; E<sub>2</sub>; T

中图分类号: S9

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)04-0783-08

随着20世纪90年代鲟鱼规模化人工繁殖和养殖在中国获得成功,短短的十几年内中国鲟鱼养殖业从无到有,2007年中国已一跃成为世界养鲟大国,鲟鱼年产量为11 269 t,占世界鲟鱼产量的70% (FAO,2007)<sup>[1-2]</sup>。鲟鱼养殖业的迅猛发展,极大地推动了鲟鱼配合饲料的研发与应用。但目前尚缺乏大多数鲟类的营养数据,研究较多的种类为白鲟(*Acipenser transmontanus*)和西伯利亚鲟(*A. baerii*),而鲟亲鱼因其体型大、寿命长和性成熟晚等特点使得有关对其日粮的研究甚少<sup>[3-4]</sup>。而亲鱼群体的营养状态极大地影响性腺的成熟、繁殖性能、卵和苗种的质量。因此,鲟亲鱼营养需要的研究可以极大地改善繁殖性能和苗种质量,推动鲟鱼产业化发展<sup>[5]</sup>。卵

磷脂(phospholipid)作为重要的营养素,可以有效地改善水产动物如真鲷(*Chrysophrys major*)<sup>[6]</sup>、墨吉对虾(*Penaeus merguensis*)<sup>[7]</sup>、罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)<sup>[8]</sup>、中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)<sup>[9]</sup>、花尾胡椒鲷(*Plectorhynchus cinctus*)<sup>[10-12]</sup>、海鲈(*Dicentrarchus labrax*)<sup>[13-14]</sup>等幼鱼的生长、成活率、机体脂肪的组成、免疫功能、抗脂肪肝和抗应激等生理机能,而有关不同日粮卵磷脂水平对亲鱼繁殖性能的影响研究报道甚少,有关鲟亲鱼的日粮卵磷脂需要的研究则更少。

施氏鲟(*Acipenser schrenckii*)作为中国本土重要的鲟鱼养殖种类,具有生长速度快,抗病力强等优点,深受养殖户的欢迎。本研究以大豆卵磷脂0%、1%、2%和4% 4种人工配合饲料饲养5<sup>+</sup>龄施氏鲟后

收稿日期: 2009-08-16; 修订日期: 2009-12-17.

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费专项资助课题(2007B005).

作者简介: 张颖(1977-),女,助理研究员,主要从事鱼类生殖生理学. E-mail: juletzhang@hotmail.com

通讯作者: 孙慧武,副研究员. E-mail: sunhw@cafs.ca.cn

备亲鱼14个月,研究大豆卵磷脂对后备亲鱼血清中血清卵黄蛋白原(Vg)、雌二醇(E<sub>2</sub>)和睾酮(T)的含量和卵径的影响,探讨饲料卵磷脂含量影响施氏鲟生殖性能的机制,以期为后备鲟鱼配合饲料生产提供指导,并为今后深入研究鲟亲鱼磷脂营养代谢提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验鱼

施氏鲟后备亲鱼取自中国水产科学研究院北京房山鲟鱼繁育中心,人工繁殖5<sup>+</sup>龄后备亲鱼,体质量5~6 kg。

### 1.2 饲料配方

以鱼粉为蛋白源,精制鱼油为脂肪源,配制粗蛋白46%,粗脂肪19%,水分10%,粗纤维1.7%,磷1.5%,灰分10.8%的基础饲料,添加卵磷脂(来源于

北京美亚斯磷脂技术有限公司)的量分别为0、1%、2%和4%的颗粒状配合饲料4种(表1)。卵磷脂的添加水平,参照Meyers<sup>[15]</sup>的方法。

### 1.3 实验设计

将后备亲鱼均以手术的方法检查雌雄,挑选雌性性腺发育处于II期末的施氏鲟,分为4组,每组3尾(体质量见表2),设置1个对照组,分别以SL0、SL1、SL2和SL4(表1)4种饲料喂养,每天投喂量为初始鱼体质量的1%。本实验起始于2007年8月,于2007年10月和2008年10月对实验组后备亲鱼各取血1次。取血前,先将亲鱼捞入含丁香油的淡水中麻醉,然后用注射器从尾动(静)脉取血。血样先注入置于碎冰中的1.5 mL塑料离心管内,室温放置1 h后,5 000 r/min离心10 min,血浆入液氮中速冻后再置-20 °C冰箱中保存,待测17β-雌二醇(17β-estradiol, E<sub>2</sub>)和睾酮(Testosterone, T)含量。

表1 实验饲料的组成  
Tab. 1 Composition of the experimental diets

基础原料 Ingredients	SL0	SL1	SL2	SL4
鱼粉 Fish meal	50	50	50	50
膨化大豆 Expanded soybean	10	10	10	10
谷朊粉 Gluten Powder	4	4	4	4
玉米蛋白粉 Refined maize protein powder	9	9	9	9
面粉 Flour	15	14.5	14	13
鱼油 Fish oil	10	9.5	9	8
多维 <sup>a)</sup> 、多矿 <sup>b)</sup> Vitamins mix and Minerals mix	2	2	2	2
大豆卵磷脂 Soybean Lecithin	0	1	2	4
营养组成 Nutrient composition				
粗蛋白 Crude protein	46.12	46.05	45.94	45.86
粗脂肪 Crude lipid	18.87	18.95	19.03	19.10

注: a) 多维: 每kg饲料含V<sub>A</sub> 10 000 IU; V<sub>D</sub> 2 500 IU; V<sub>K</sub> 64 mg; V<sub>B1</sub> 60 mg; V<sub>B2</sub> 250 mg; V<sub>B6</sub> 60 mg; Ca 240 mg; 烟酸60 mg; 叶酸12 mg; VH 50 mg; VB<sub>12</sub> 4 mg。

b) 多矿: 每kg饲料含磷酸钙15 g; 硫酸镁2.4 g; 氯化钾45 g; 氯化钠2.1 g; 硫酸亚铁155 mg; 硫酸铜40 mg; 硫酸锌80 mg; 硫酸锰30 mg; 碘化钾11.7 mg; 氯化钴4.8 mg; 亚硒酸钠2.4 mg。

Note: a) Vitamin mix: 1 kg of diet contained vitamin A 10 000 IU; vitamin D 2 500 IU; vitamin K 64 mg; thiamin 60 mg; riboflavin 250 mg; pyridoxine 60 mg; calcium panthothenic 240 mg; niacin 60 mg; folic acid 12 mg; biotin 50 mg; cyanocobalamine 4 mg;

b) Mineral mix: 1 kg of diet contained Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 15 g; MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 2.4 g; KCl 4.5 g; NaCl 2.1 g; FeSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 155 mg; CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 40 mg; ZnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 80 mg; MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 30 mg; KI 11.7 mg; CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O 4.8 mg; Na<sub>2</sub> SeO<sub>3</sub> 2.4 mg。

### 1.4 卵巢的观察和卵径的测量

卵巢的观察和卵径的测量实验分别于2007年8月、2007年10月和2008年10月进行了3次采样,利

用丁香油将鱼体麻醉后,测量实验鱼初始体质量,然后手术取性腺,用Bouin氏液固定,梯度酒精脱水,二甲苯透明,石蜡包埋,切片厚度为4~8 μm,苏木素-

伊红染色,显微镜下观察卵巢的发育,施氏鲟卵巢发育分期依据曲秋芝等<sup>[16]</sup>的方法。卵径测量,腹部解剖后取小块卵巢组织解剖镜测量卵径。

### 1.5 血清中E<sub>2</sub>和T浓度的测定

于哈尔滨市黑龙江中医药大学放免室采用北京北方生物技术研究所的E<sub>2</sub>和T放射免疫试剂盒测定血清中的E<sub>2</sub>和T含量。E<sub>2</sub>和T的最低可测量值(90%特异性结合率时的计算值)分别为5 pg/mL和0.1 ng/mL,批内变异系数分别为7.8%(80 pg/mL, n=6)和6.5%(2 ng/mL, n=6)。

### 1.6 血清中Vg浓度的测定

采用异种双抗夹心ELISA测定血清Vg含量,操作步骤如下:1)包被:用一定浓度的豚鼠抗Lv血清(本实验室自制)包被酶标板(每孔100 μL),4℃过夜。2)洗涤:弃去包被液,用PBST洗涤3次,每次2 min。3)封闭:加入1% BSA 室温封闭1 h(每孔100 μL)后洗涤3次。抗原抗体反应:加入一定浓度的待检血清(每孔100 μL),37℃孵育30 min,洗涤3次。加入提纯的羊抗Lv血清:加入一定浓度的羊抗Lv血清(每孔100 μL),37℃孵育30 min,洗涤3次。抗原抗体复合物与酶标抗体反应:加入一定浓度的兔抗羊IgG-HRP(每孔100 μL),37℃孵育30 min,洗

涤3次。显色:加入OPD底物显色液(每孔100 μL),室温避光静置15 min。终止反应:在每个孔中加入50 μL终止液(2 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)。于492 nm 波长下测定各孔的OD值。

建立标准曲线:设标准孔8孔,每孔中各加pH 9.6碳酸盐缓冲液100 μL,将纯化Vg用pH 9.6碳酸盐缓冲液稀释成16~256 ng/mL包被,其他步骤同上。采用标准曲线,计算各检测血清浓度。

### 1.7 数据的统计分析

对数据的统计分析用SPSS10.0进行。对数据进行了单因子方差分析,对不同数据间进行了DUNCAN多重比较,结果以平均值±标准差表示,以P<0.05作为差异显著的标准。

## 2 结果与分析

### 2.1 饲料中卵磷脂含量对后备亲鱼血清E<sub>2</sub>浓度的影响

经过14个月的饲养,后备亲鱼血清E<sub>2</sub>质量浓度从96.08 pg/mL升高到132.75 pg/mL,卵磷脂投喂量为2%组的血清E<sub>2</sub>质量浓度(147.91 pg/mL)显著高于0组(113.72 pg/mL)和1%组(129.63 pg/mL)(P<0.05),而4%组的血清E<sub>2</sub>质量浓度为139.68 pg/mL,介于二者之间(图1)。

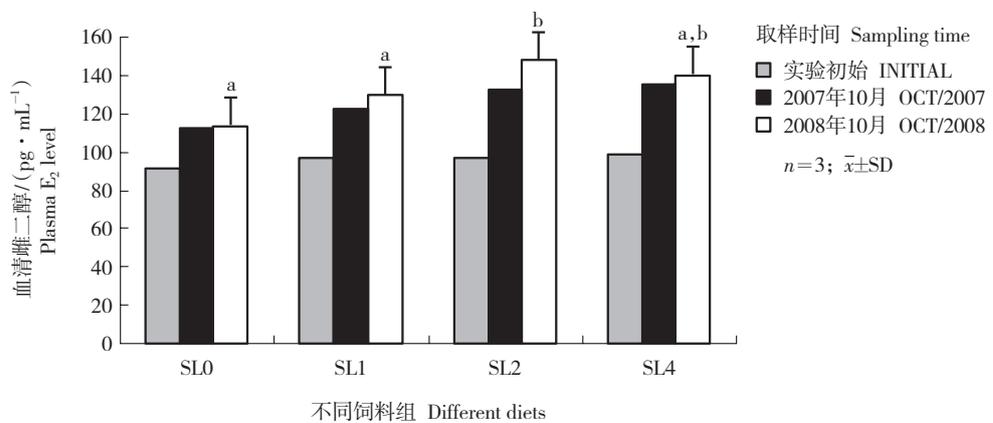


图1 不同饲料卵磷脂水平饲喂14个月对施氏鲟血清E<sub>2</sub>浓度的影响  
柱上不同字母表示组间差异显著(P<0.05)。

Fig. 1 Effects of dietary soybean lecithin on plasma E<sub>2</sub> levels in Amur sturgeon after 14 months' feeding  
Values with different letters mean significant difference (P<0.05) between each other.

## 2.2 饲料中卵磷脂含量对后备亲鱼血清中T浓度变化的影响

随着投喂时间和投喂水平饲喂卵磷脂的增长,施氏鲟后备亲鱼的血清T含量浓度受到抑制。其中,4%和2%添加组的血清T含量分别由 $32.09 \text{ ng} \cdot \text{mL}^{-1}$

显著降低到 $18.12 \text{ ng/mL}$ 和 $35.43 \text{ ng/mL}$ 降低到 $21.1 \text{ ng/mL}$  ( $P < 0.05$ ),而0%组和1%组血清T浓度未受到明显抑制 ( $P > 0.05$ ) (图2)。可见,施氏鲟后备亲鱼血清中T含量与卵磷脂投喂水平和投喂时间变化有关。

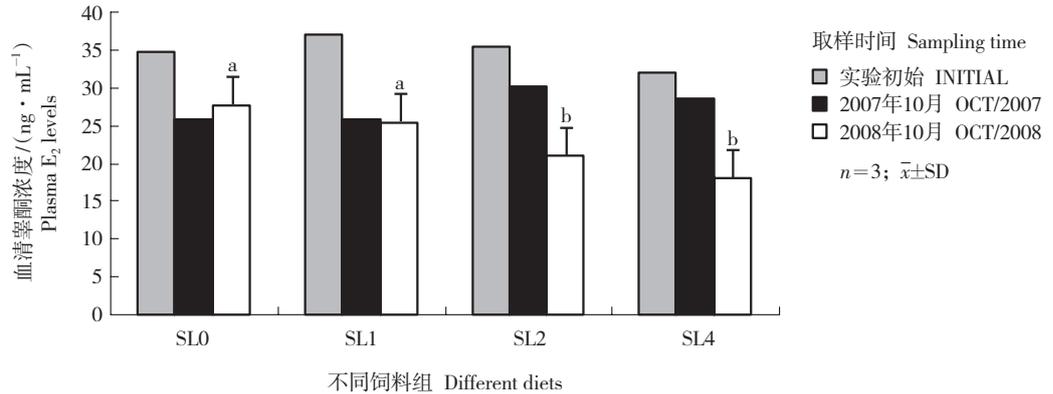


图2 不同饲料卵磷脂水平对施氏鲟血清T浓度的影响  
柱上不同字母表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Fig. 2 Effect of dietary soybean lecithin on plasma T levels in Amur sturgeon  
Values with different letters mean significant difference ( $P < 0.05$ ) between each other.

## 2.3 饲料中卵磷脂与后备亲鱼血清Vg含量和卵巢发育间的变化关系

由图2可见,后备亲鱼血清Vg浓度随日粮卵磷脂的添加浓度和时间增加而升高,而各实验组的血清Vg浓度均显著高于对照组。后备亲鱼的卵径随卵巢发育而增大,各饲料组间卵径无显著差异 ( $P > 0.05$ ) (表2)。切片观察,Ⅱ期卵巢组织内有大量的脂肪(图版I-1),占卵巢整体的大部分,卵巢内的生殖细胞是以第2时相的初级卵母细胞小生长期的细胞为主,细胞呈多角圆形(图版I-1),部分细胞质可见到网状结构。初级卵母细胞外有滤泡膜(图版I-2)。Ⅲ期初卵巢卵母细胞质占细胞体积的大部分,嗜碱性减弱,细胞质有颗粒物质并形成环层,脂肪滴出现在核的外周(图版I-3),表明血清Vg转运大量的脂肪和钙离子进入卵巢,是施氏鲟主要营养素储存和转运的物质形式。

## 3 讨论

众所周知,亲鱼营养对提高鱼类的生殖性能、卵子质量和仔稚鱼生长与存活等具有重要的作用<sup>[17]</sup>。有关其营养需要的研究甚少。后备5<sup>+</sup>鲟亲鱼体长已超过100 cm、而性腺发育却只达到Ⅱ期末,研究周期长、研究成本高也是限制鲟亲鱼营养研究的另一个重要因素。

目前,有关鱼类日粮添加磷脂的研究多集中如金鱼 (*Carassius auratus*)<sup>[18]</sup>、鲤 (*Cyprinus carpio*)<sup>[19]</sup>、真鲷<sup>[6]</sup>、日本牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*)<sup>[20]</sup>和虹鳟<sup>[21]</sup>等仔稚鱼的生长和成活率等方面。有关亲鱼日粮添加大豆卵磷脂对其繁殖性能等方面的影响的研究内容甚少<sup>[4]</sup>,在鲟方面还未见报道,究其原因,可能与鲟亲鱼体形庞大、寿命期长、性成熟晚、亲本样本少等因素有关。在甲壳类中相关报道较多,如Sui等<sup>[22]</sup>的研究表明,饲料中添加3.6%的大豆卵磷脂可有效地改善中华绒螯蟹成熟雌蟹的繁殖性能。本研究中,添加2%的大豆卵磷脂可以提高施氏鲟后备亲鱼血

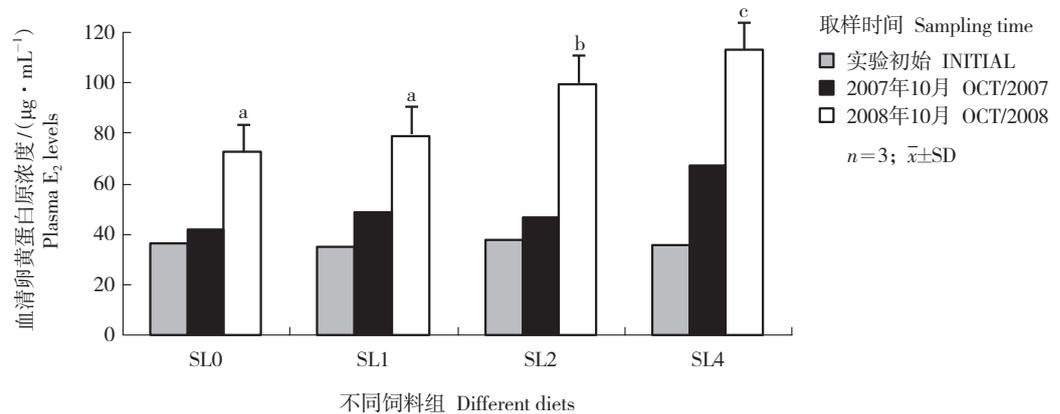


图3 不同饲料卵磷脂水平对施氏鲟血清Vg浓度的影响  
柱上不同字母表示组间差异显著( $P < 0.05$ )。

Fig. 3 Effect of dietary soybean lecithin on plasma Vg levels in Amur sturgeon  
Values with different letters mean significant difference ( $P < 0.05$ ) between each other.

表2 实验始末施氏鲟体质量、卵径和卵巢的发育变化  
Tab. 2 Changes of body weight, egg diameter and ovarian in each diet group of sturgeons  $n = 3; \bar{x} \pm SD$

组别 Group	初始体质量/kg Body weight	末体质量/kg Body weight	初始卵径/ $\mu\text{m}$ Initial egg diameter	末次卵径/ $\mu\text{m}$ Final egg diameter	Ⅱ期末卵巢 Phase II of Ovary	Ⅲ期初卵巢 Phase III of Ovary
SL0	5208 ± 882	8034 ± 582	224 ± 1.61	319 ± 1.34	图版 I 1, 2 (卵巢组织内有大量的脂肪, 细胞呈多角圆形, 卵母细胞外有滤泡膜)	图版 I 3 (嗜碱性减弱, 细胞质有颗粒物质并形成环层, 脂肪滴出现在核的外周)
SL1	5107 ± 573	8562 ± 1211	226 ± 1.31	320 ± 0.57		
SL2	5173 ± 105	9017 ± 1480	225 ± 2.05	318 ± 2.61		
SL4	5361 ± 592	8687 ± 2014	226 ± 1.12	319 ± 1.52		

清E<sub>2</sub>和Vg浓度,从而改善施氏鲟亲鱼的繁殖性能。这一结果与对虾亲体饲料中卵磷脂水平应该高于2%,以确保其卵子发育50%脂肪的需要的结果相同<sup>[7]</sup>,高于鲑科亲鱼1%的需要量<sup>[23-24]</sup>,说明当饲料中磷脂含量超过仔稚鱼虾需要量时,鱼和虾的生长发育不受其影响<sup>[6,25]</sup>。本研究中卵磷脂的添加量对卵径无显著影响,而4%的添加量明显的抑制后备亲鱼血清T浓度。由于本实验采用的是后备亲鱼,对其生殖性能的影响还需要进一步的研究。本实验中Vg浓度随日粮中卵磷脂添加量的增高而增加,作为磷脂的转运蛋白,协同增加,因此在后备亲鱼进入快速发育期,应增加饲料中磷脂的含量,使卵内磷脂储备增加,加速卵黄发生期卵母细胞的生长方面,可为胚胎发育提供营养<sup>[26]</sup>。

血浆性类固醇激素水平是由其在性腺等组织中的产生速度及其在血液和组织中的代谢速度等因素决定的<sup>[27]</sup>。本实验中,血清Vg浓度随着E<sub>2</sub>的升

高和T水平的降低而升高,这可能是E<sub>2</sub>在芳香化酶的作用下由T转变而来的,T和E<sub>2</sub>具有底物与产物的关系有关,从而高浓度的E<sub>2</sub>诱导肝脏产生高浓度的Vg<sup>[27-28]</sup>。李远友等<sup>[29]</sup>的研究表明,n-3HUFA对花尾胡椒鲷性腺类固醇激素产生的抑制作用可能是其影响血浆性类固醇激素水平的机制之一。本研究中,饲料中高浓度的卵磷脂水平抑制血清T含量,提高了血清中E<sub>2</sub>和Vg的含量,这可能是与饲料中卵磷脂代谢水平的提高,需要更多脂类转运蛋白(Vg),而Vg的产生需要调节机体的E<sub>2</sub>水平,调节了鱼体的“脑→脑垂体→性腺”功能轴,对鱼体的内分泌系统的功能产生影响的结果<sup>[30]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 谢志明. 鲟鱼养殖技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 226-237.
- [2] 孙大江, 曲秋芝, 马国军, 等. 中国鲟鱼养殖概况[J]. 大连水产学院学报, 2003, 18(3): 216-227.

- [3] Hung S S O, Conte F S, Frost F. Growth of white sturgeon fed seven commercial feeds [J]. *Aquaculture*, 1998, 161: 89.
- [4] 韦伯斯特 C D, 林姆 C E. 鱼类营养需要与饲养[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005: 290-301.
- [5] Izquierdo MS, Fernandez Palacios H, Tacon AGJ. Effects of broodstock nutrition on reproductive performance of fish [J]. *Aquaculture*, 2001, 197: 25-42.
- [6] 刘镜格, 雷霖霖, 林洪, 等. 卵磷脂强化活饵料对真鲷仔稚鱼生长、存活的影响[J]. *海洋科学集刊*, 2001, 43: 152-156.
- [7] Thongrod S, Boonyaratpalin M. Cholesterol and lecithin requirement of juvenile banana shrimp, *Penaeus merguensis* [J]. *Aquaculture*, 1998, 161: 315-321.
- [8] Ronaldoo C, Gerben M, Patrick L, et al. Maturation performance, offspring quality and lipid composition of *Macrobrachium rosenbergii* females fed increasing levels of dietary phospholipids [J]. *Aquaculture International*, 2000, 8: 41-58.
- [9] 刘立鹤, 陈立侨, 李康, 等. 不同脂肪源饲料对中华绒螯蟹卵巢发育与繁殖性能的影响[J]. *中国水产科学*, 2007, 14(5): 786-793.
- [10] 黄周英, 陈彦, 谢仰杰, 等. 饲料卵磷脂对花尾胡椒鲷幼鱼生长的影响[J]. *泉州师范学院学报*, 2005, 23(4): 89-93.
- [11] 陈彦, 王重刚, 陈品健. 卵磷脂对花尾胡椒鲷幼鱼  $Ca^{2+}$  ATP酶和  $Na^+$ ,  $K^+$  ATP酶活性的影响[J]. *海洋科学*, 2002, 26(8): 54-57.
- [12] 董宏坡, 陈彦, 谢仰杰, 等. 卵磷脂对花尾胡椒鲷幼鱼谷胱甘肽一硫-转移酶, 谷胱甘肽过氧化物酶和DNA完整性的影响[J]. *海洋科学*, 2004, 28(4): 25-28.
- [13] Cerda J, Zauny S, Carrillo M, et al. Short and long term effects on female sea bass *Dicentrarchus labrax*: Seasonal changes in plasma profiles of lipids and sex steroids in relation to reproduction [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1995, 113C: 83-91.
- [14] Cerda J, Zauny S, Carrillo M. Evidence for dietary effects on plasma levels of sexual steroids during spermatogenesis in the sea bass [J]. *Aquaculture*, 1997, 155(5): 473-477.
- [15] Meyers S P. 鱼虾饲料中的卵磷脂[J]. *国外畜牧科技*, 1990, 17(5): 44-45.
- [16] 曲秋芝, 孙大江, 王丙乾, 等. 施氏鲟卵巢发育的组织学观察[J]. *中国水产科学*, 2004, 28(5): 487-492.
- [17] Izquierdo MS, Fernandez Palacios H, Tacon AGJ. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish [J]. *Aquaculture*, 2001, 197: 25-42.
- [18] LOCHMANN R, BROWN R. Soybean-lecithin supplementation of practical diets for juvenile goldfish (*Carassius auratus*) [J]. *JAOCS*, 1997, 74, (2): 149-152.
- [19] Geurden I, Radiunz-Neto J, Bergot P. Essentiality of dietary phospholipids for carp (*Cyprinus carpio*) larvae [J]. *Aquaculture*, 1995c, 131: 303-314.
- [20] young-Duck Kim, Kyong-Min Kim, Kang-Woong Kim, et al. Influence of lipid level and supplemental lecithin in diet on growth, feed utilization and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*) in suboptimal water temperatures [J]. *Aquaculture*, 2006, 251(2): 484-491.
- [21] Poston H A. Performance of rainbow trout fed supplement soybean lecithin and choline [J]. *Prog Fish Cult*, 1990a, 52: 218-225.
- [22] Sui L Y, Wu X G, Wille M, et al. Effect of dietary soybean lecithin on reproductive performance of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) Broodstock [J]. *Aquacult Int*, 2009, 17: 45-56.
- [23] Douglas R, Tocher, Eldar Å, et al. The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish [J]. *Aquaculture*, 2008, 280(1-4): 21-34.
- [24] Wouters R, Lavens P, Nieto J, et al. Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated on research and development [J]. *Aquaculture*, 2001, 202: 1-21.
- [25] Kanazawa A. Effects of docosahexaenoic acid and phospholipids on stress tolerance of fish [J]. *Aquaculture*, 1997, 155: 129-134.
- [26] MacLachlan L, Nimpt J. Anian riboflavin binding protein binds to lipoprotein receptors in association with vitellogenin [J]. *J Biol Chem*, 1994, 269(24): 127-132.
- [27] Fostier A, Jalabert B, Billard R, et al. The gonadal steroids. Fish Physiology [J]. In: A (Hoar, W.S, Randall, D.D. & Donaldson, E. M., eds.), New York: Academic Press, (Vol. IX). 1983: 277-372.
- [28] Saouington T W, Raikhel A S. Receptor-mediated endocytosis of yolk proteins by insect oocytes, in: Ohnishi E, Sonobe H and Takahashi S Y. Recent Advances in Insect Biochemistry and Molecular Biology. Nagoya, Japan: Nagoya University Press, 1995: 235-257.
- [29] 李远友, 陈伟洲, 孙泽伟, 等. 饲料中n-3 HUFA含量对花尾胡椒鲷亲鱼的生殖性能及血浆性类固醇激素水平季节变化的影响[J]. *动物学研究*, 2004, 25(3): 249-255.
- [30] Babin P J. Binding of thyroxine and 3,5,3-triiodothyrene to trout plasma lipoproteins [J]. *Am J Physiol*, 1992, 262: 712-720.

## Effects of phospholipids content in reserved brood diets on egg diameter performance, plasma sex steroids and vitellogenin levels in Amur sturgeon *Acipenser schrenckii*

ZHANG Ying<sup>1</sup>, SUN Huiwu<sup>2</sup>, XU Wei<sup>1</sup>, SUN Dajiang<sup>1</sup>, QU Qiuzhi<sup>1</sup>, LIU Xiaoyong<sup>2</sup>, ZHANG Yongwang<sup>2</sup>

(1. Heilongjiang River Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Harbin 150070, China; 2. Technological and Engineering Center of Sturgeon's Reproduction, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Beijing 100141, China)

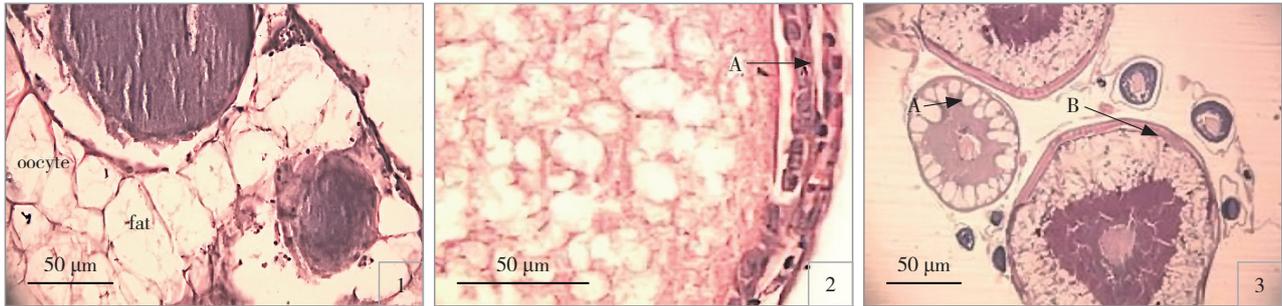
**Abstract:** In order to study the effects of soybean lecithin (SL) content in reserved broodstock diets at egg diameter, plasma sex steroids and Vitellogenin (Vg) levels. Four groups of 24 female reserved broodstocks, with an individual body weight ranging from 5 107 to 5 361 g, were respectively fed four artificial formulated diets containing 0% (SL0), 1% (SL1), 2% (SL2) and 4% (SL4) of soybean lecithin diets for of 14 months. Their egg diameter, plasma E<sub>2</sub>, T and Vg were evaluated, and the levels of plasma sex steroids and Vg were monitored. The results showed that female fed the diet with 0% CL had significantly less egg diameter than those fed with other content CL ( $P>0.05$ ). After 14 months of feeding, fish fed with 2% CL had a significantly higher serum E<sub>2</sub> content than that with 0% SL (113.72 pg · mL<sup>-1</sup>) and 1% SL (129.63 pg · mL<sup>-1</sup>), while the serum E<sub>2</sub> content of 4% SL was 139.68 pg · mL<sup>-1</sup>, between in them ( $P<0.05$ ). With the dietary soybean lecithin feeding time and content increased, serum T level had a significantly lower value ( $P<0.05$ ). The level of serum Vg increased as dietary SL level increasing, with females fed diets with 4% SL had a significantly higher values than other groups ( $P<0.05$ ). In conclusion, the results suggest that the optimum SL requirement in reserved broodstock diet of Amur sturgeon was 2%. Soybean lecithin may affect plasma Vg and T levels to promote the reproductive performance of Amur sturgeon. So the optimum soybean lecithin content in Amur sturgeon reserved broodstock will improve the ovary development and increase reproductive ability. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(4): 783–790]

**Key words:** Amur sturgeon; reserved brood stock; soybean lecithin; egg diameter; Vg; E<sub>2</sub>; T

**Corresponding author:** SUN Huiwu. E-mail: sunhw@cafs.ac.cn

张颖等：饲料卵磷脂对施氏鲟血清卵黄蛋白原、卵径及性类固醇激素水平的影响

ZHANG Ying et al: Effects of phospholipids content in reserved brood diets on egg diameter performance, plasma sex steroids and vitellogenin levels in Amur sturgeon *Acipenser schrenckii*



### 图版 I

1: 施氏鲟 II 期末卵巢. 2: 施氏鲟 II 期末卵巢, A: 滤泡膜(箭头所示). 3: 施氏鲟 III 期(早) 卵母细胞 A: 脂肪(箭头所示), B: 细胞质颗粒物质(箭头所示).

### Plate I

1: Phase II ovarium of Amur sturgeon. 2: Phase II ovarium of Amur sturgeon , A: follicle Layer (arrow). 3: Phase III ovarium of Amur sturgeon, A: fat (arrow), B: cytoplasmic granule (arrow).