

## 白斑红点鲑人工繁殖

张永泉, 尹家胜, 杜佳, 王炳谦, 贾钟贺, 李建兴, 白庆利

(中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 哈尔滨 150070)

**摘要:** 于 2007 年至 2009 年, 对白斑红点鲑进行了人工繁殖、胚胎发育和苗种驯化的研究。结果表明: 白斑红点鲑在水温低于 18℃ 水泥池中培育, 3 龄性腺发育成熟, 亲鱼每年产卵均在水温降低至 10℃ 时, 且产卵时间比较一致, 繁殖期雌雄性亲鱼形态区别明显, 经统计 4 龄亲鱼怀卵量、受精率和孵化率均优于 3 龄亲鱼; 白斑红点鲑受精卵为橙黄色沉性卵, 具有卵膜较厚卵黄含量高, 胚盘较小等特点, 受精卵在水温 4.56~8.17℃ 条件下, 积温达到 429.29℃·d 开始孵化出膜, 积温达到 729.38℃·d 开始摄食, 此时卵黄囊吸收到 1/2, 苗种经过 5 个驯化阶段历时 49 d, 完成人工驯化, 白斑红点鲑人工繁殖技术研究为人工养殖打下坚实技术基础。

**关键词:** 白斑红点鲑; 人工繁殖; 胚胎发育; 苗种驯化

中图分类号: S965.232

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2011)06-0902-05

### Artificial propagation of *Salvelinus leucomaenis*

ZHANG Yong-quan, YING Jia-sheng, DU Jia, WANG Bing-qian, JIA Zhong-he<sup>1</sup>, LI Jian-xing<sup>1</sup>, BAI Qing-li

(Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070)

**Abstract:** We researched the artificial propagation, embryonic development and larvae acclimatization of *Salvelinus leucomaenis* from 2007 to 2009. The results showed that the gonad of 3-year-old *Salvelinus leucomaenis* was matured when it was bred in cement pit with water temperature under 18℃. The parent fish spawned when water temperature dropped to 10℃ every year, and the spawn time was the same. The shape distinction of female fish in idophase was obvious. To add up, the brood amount, fertility rate and hatchability of 4-year-old fish were all better than those of 3-year-old fish. The fertilized egg of 4-year-old *Salvelinus leucomaenis* was sinkable and of orange yellow, and had thicker oolemma, more yolk and smaller embryonic disc compared with that of 3-year-old. With the water temperature at 4.56~8.17℃ and accumulated temperature to 429.29℃·d, the larvae were hatched out. The larvae started to ingest when the accumulated temperature was 729.38℃·d and the yolk sac was ingested to 1/2. The whole five stages of acclimatization lasted 49 d, and then the artificial acclimatization was completed. The artificial propagation technology laid a solid foundation for artificial breeding of *Salvelinus leucomaenis*.

**Key words:** *Salvelinus leucomaenis*; artificial propagation; embryonic development; larvae acclimatization

白斑红点鲑 (*Salvelinus leucomaenis*) 隶属鲑科红点鲑属, 主要分布在太平洋西北部, 即白令海, 鄂霍次克海和日本海, 向南到海参崴, 仅有小部进入黑龙江河口<sup>[1]</sup>。成庆泰、郑葆珊等报道我国红点鲑属鱼类有 2 种, 即花羔红点鲑和白斑红点鲑<sup>[2]</sup>。白斑红点鲑鱼体呈纺锤形, 体被圆鳞且很小, 身体

背部呈褐色, 体侧布满白色或灰色小斑点, 故名白斑红点鲑, 引进国内后定名为白点鲑。由于近年来的环境污染和过渡捕捞, 该鱼的资源已经基本枯竭, 多年未见有捕捞到野生鱼的报道。

自上个世纪 70 年代日本进行了白斑红点鲑的自然种群增殖<sup>[3-5]</sup>、野生鱼的人工采卵孵化<sup>[6]</sup>、形态

收稿日期: 2011-04-12

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(201004), 黑龙江省冷水性鱼类种质资源及增养殖重点开放实验室(201004)共同资助。

作者简介: 张永泉, 男, 助理研究员。E-mail: atai0805@163.com

\* 通讯作者: 白庆利, 男, 研究员。E-mail: bql2002sc@hotmail.com

和行为<sup>[7-9]</sup>相关报道。中国水产科学研究院黑龙江水产研究所于 1996 年 12 月从日本东京水产大学引进发眼卵 1.0 万粒, 国内对白点斑红点鲑研究起步较晚, 相应报道较少<sup>[10]</sup>, 关于其人工繁殖的系统研究尚未见报道, 本课题组自 2007 年以来对白点斑红点鲑亲鱼培育、产卵和孵化方式、个体发育和苗种驯化方式等方面进行了系统的研究, 形成了一套完整的白斑红点鲑规模化人工繁殖技术。目前我国水产品市场红点鲑属的鱼类需求旺盛, 苗种供应短缺, 白斑红点鲑作为一种优良的淡水养殖新对象, 开发利用前景广阔。本研究旨在通过白斑红点鲑人工繁殖, 恢复我国这一重要的鱼类自然资源, 同时也为我国的冷水性鱼类养殖提供新的优良养殖品种。

## 1 材料与方法

### 1.1 亲鱼来源和培育条件

白斑红点鲑自日本引进, 在黑龙江水产研究所渤海冷水性鱼类试验站培育获得 3 龄亲鱼(平均体重 436.29 g)和 4 龄亲鱼(平均体重 546.29 g), 共有后备亲鱼和亲鱼 500 多尾, 2007~2009 年连续记录亲鱼培育期间水温变化情况。亲鱼培育用水为地下涌泉水, 所用池塘为的长方形水泥池塘, 长 30 m, 宽 5 m, 水深 1.2 m。

### 1.2 产卵和孵化

每个月解剖雌、雄亲鱼各两尾检查性腺发育情况, 当卵巢发育接近成熟后每隔 3 d 检查 1 次, 选择成熟度较好的亲鱼, 首先采集雄鱼精液置烧杯中, 然后采集雌鱼卵子, 采集后立即用等渗液 BSS(NaCl 7.5 g, KCl 0.2 g, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 0.2 g, NaHCO<sub>3</sub> 0.02 g 溶于 1 000 mL 蒸馏水中)冲洗, 同时快速把精液挤于卵子表面, 一般 6 尾雌鱼卵用 2 尾雄鱼的精液, 用羽毛搅拌 30 s, 精卵充分接触, 加入少量清水, 均匀而快速地搅拌 1~2 min, 加入多量清水, 清洗过量的精液和卵皮等。最后加入多量清水, 静水 30~40 min, 让其充分吸水膨胀, 即可进行孵化。受精卵放置桶式孵化器中, 孵化过程中注意要静止和避光, 共做 54 组人工授精。

### 1.3 胚胎发育和出苗仔鱼观察

在 3 龄和 4 龄亲鱼所产卵子中, 分别在吸水前和吸水后各取 60 粒的卵粒, 测量卵的直径。孵化期间, 每天取 30 粒卵分别用 Bouin's 液固定, 人工产卵后获得受精卵放平列槽中流水孵化, 所有样品均用 Motic SML-168 型体视显微镜(目镜 6.25×, 物镜连续变倍 1~5.2)下反复观察, 当发育过程中 30% 以上个体达到某个时期则记为该发育阶段起始

时间, 取 30 粒卵计算受精率, 积温用 TU(°C·d) 表示, 用 RC-T601A 智能便携式温度记录仪每隔 30 min 记录一次水温。仔鱼孵出后每天取 15 尾观察其变化, 至开口摄食。

### 1.4 鱼苗的人工驯养

将开口摄食的鱼苗放入水体为 3 m×0.5 m×0.2 m 的玻璃槽中, 利用流动的涌泉水人工驯化, 分别采用丰年虫、水蚯蚓和人工颗粒饲料相互结合的驯化方式, 丰年虫孵化方法参照<sup>[11]</sup>, 人工饲料来自北京思富德贸易发展有限公司, 主要营养成分: 粗蛋白≥53%, 粗脂肪≥14%, 碳水化合物≤14%, 粗灰分≤10%, 粗纤维≤1%。

## 2 结果与分析

### 2.1 白斑红点鲑的人工繁殖

分别于 2007、2008 和 2009 年进行了白斑红点鲑的人工繁殖实验, 首先挑选待产的雌、雄亲鱼, 授精比例雌: 雄为 3:1。白斑红点鲑雄性亲鱼产卵期身体色素显著增加, 体色变艳, 臀、胸鳍白色边缘颜色加深, 头部呈三角形, 口大, 下颌向上弯曲, 泄殖空不突出, 身体略扁, 腹部较硬, 无弹性, 繁殖期轻压腹部, 即见白色精液流出; 雌性亲鱼产卵期色素增加不明显, 体色花纹略淡, 臀、胸鳍白色边缘颜色加深, 头部圆钝, 口小, 泄殖孔明显突出, 且呈红色, 腹部大而柔软, 有弹性, 繁殖期轻压腹部, 即有卵粒流出。图 1 为 2007~2009 年亲鱼培育水温变化情况, 可见白斑红点鲑产卵都是在每年的 11 月份初, 且都是在温度下降到 10°C 左右; 连续统计 3 年 3 龄亲鱼和 4 龄亲鱼产卵情况详细见(表 1), 对比可见 4 龄亲鱼绝对怀卵量、受精率和孵化率明显比 3 龄亲鱼高, 且卵径和卵重也大于 3 龄亲鱼。

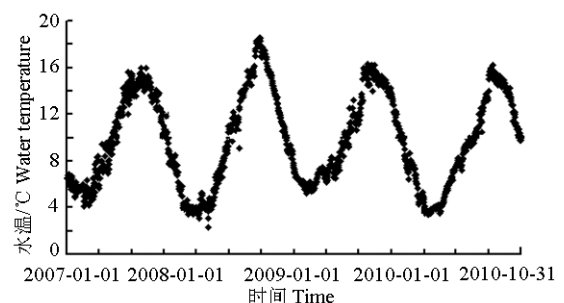


图 1 白斑红点鲑 2007~2009 年亲鱼培育期间温度变化情况  
Figure 1 Temperature change of *Salvelinus leucomaenis* in parent fish incubation period (2007-2009)

### 2.2 白斑红点鲑胚胎发育和仔鱼发育观察

白斑红点鲑的卵为端黄卵, 成熟的卵呈圆球形,

比重大于水，含大量的卵黄，卵色呈桔黄色，4龄鱼产卵未吸水时卵径(5.76±1.33)mm，吸水后膨胀54min后，卵径膨胀到最大值(6.17±0.15)mm，卵无粘性。从表2可见，从受精卵到鱼苗全部孵出经过卵裂-神经胚期、组织器官形成和出苗期3个阶段，早期胚胎发育的积温需要131.13℃·d，原生质向动物极聚集，逐渐隆起形成盘状胚盘(图2-I)，图2-II所示随着细胞的不断分裂，分裂球越分越小，细胞不断变多，形成多细胞的胚体，胚体面积逐渐变大逐步形成囊胚(图2-III)，经过下包和内卷向下延伸包裹到原肠期(图2-IV)；白斑红点鲑在胚孔尚未封闭时眼原基已经形成；器官形成期的积温需要221.87℃·d，这一时期初步形成脑、眼囊、嗅

囊、胸鳍等器官(图2-V)，卵黄囊上血管增多，胚体较前扭动剧裂，卵膜逐渐变薄，加上胚体运动的牵拉，使卵膜破裂，仔鱼破膜而出，经过观察鱼类的破膜可以分为，头部和尾部孵出两种方式。刚出膜的鱼体无色素，头部向卵黄囊方向弯曲，出膜后的仔鱼经短暂游动后随即沉入底部静卧，极少动，卵黄囊呈长椭圆形苗(图2-VI)。

初孵仔鱼体重(0.087±0.006)g，全长(17.79±0.32)mm，肛突明显，身体布满黑色素，口已经开启，经过294.6℃·d的发育，仔鱼背鳍、臀鳍和摄食器官逐渐发育完善，已经具备基本摄食能力，开始摄食外源性营养，白斑红点鲑在开始摄食时始终在水底，不存在上浮现象。

表1 不同年龄白斑红点鲑怀卵量情况

Table 1 The brood amount of *Salvelinus leucomaenis*

鱼龄 Fish age	年份 Year	尾数 Number	体重/g Body weight	每粒卵重/mg Weight of each egg	卵径/mm Diameter of egg	绝对怀卵量/粒 Absolute brood amount	受精率/% Fertility rate	孵化率/% Hatchability
3龄 3-year-old	2007	10	498	85.22	5.13	1 107.50	85.37	62.58
	2008	23	487	85.04	5.06	1 198.53	87.54	74.57
	2009	27	546	85.12	5.11	1 212.06	84.32	78.11
4龄 4-year-old	2008	17	936	106.89	5.67	1 543.91	94.29	88.21
	2009	27	1 012	108.72	5.88	1 787.77	95.64	87.31

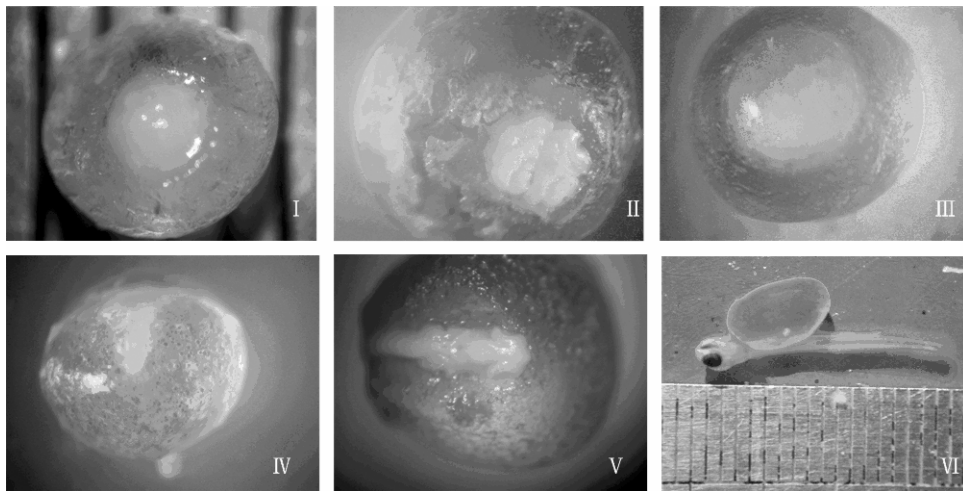


图2 白斑红点鲑胚胎发育阶段

Figure 2 Development stage of *Salvelinus leucomaenis* embryo

2.3 白斑红点鲑的人工驯养

白斑红点鲑不存在上浮现象，首先寻找鱼苗开始摄食的时间，当卵黄囊吸收1/3时，每天投喂2次浮游动物，经摸索破膜后经过294.60℃·d的发育，鱼苗开始摄食，此时卵黄囊已吸收了1/2。依据白斑红点鲑个体大小和对不同饵料的选择性，制定白斑红点鲑具体驯化方案，方案共分五个大的阶段，第1阶段持续4~7d，第2阶段持续9d，第3阶

段持续7d，第4阶段持续21d，第5阶段持续5d。由于初次摄食鱼苗消化功能和口裂的限制，所以选择易消化的丰年虫作为开口饵料，从表3可见随着人工饲料的不断添加，苗种的摄食率逐渐降低，可见白斑红点鲑喜欢摄食浮游动物和水蚯蚓，但随着鱼体的生长，这两种饵料营养已经不能满足鱼体的需求，所以要不断的添加人工配合饲料，经过49d的驯化，79%的鱼苗摄食人工饲料，21%的鱼苗不

摄食人工饲料饥饿而死。

表 2 白斑红点鲑胚胎和仔鱼发育情况  
Table 2 The development of embryo, larvae of *Salvelinus leucomaenis*

发育期 Developmental period	平均水温/°C Average water temperature	受精时间/h Fertilization time	孵化积温/°C·d Temperature nits	发育特征 Characteristics
卵裂-神经胚期 Blastula - neural plate stage	8.17	0~21	0~7.15	原生质开始向卵动物极聚集出现围卵黄周隙, 隆起形成盘状胚盘
	7.88	21~74	7.15~24.55	卵裂期, 动物极开始分裂形成多细胞
	7.90	74~264	24.55~87.09	囊胚期, 胚盘隆起达最高, 细胞变小, 胚盘细胞堆积如帽状, 并向下扩展
	7.55	264~370	87.09~120.45	原肠期, 胚环继续下包和内卷, 动物极形成明显胚盾
	6.58	379~418	120.45~131.13	神经胚期, 胚体转为侧卧, 胚体后端形成“卵黄栓”
器官形成期 Organogenetic period	5.77	418~586	131.13~171.54	眼囊、嗅囊和尾牙出现
	5.05	586~682	171.54~191.74	尾部形成透明的鳍皱, 并且出现胸鳍原基
	4.70	682~826	191.74~219.94	眼囊中发育形成晶体, 并开始沉积大量黑色素
出膜期 Eleutheroembryonic period	4.46	826~1 542	219.94~353.00	鱼周身血流清晰可见, 并且有大量血管分布到卵黄囊, 心脏跳动明显
	4.56	1 542~1 944	353.00~429.29	卵膜变薄, 胚体运动剧烈, 仔鱼破膜而出
初次摄食仔鱼 Larvae of the first ingestion	4.91	1 944~3 384	429.29~723.89	背鳍和臀鳍鳍条开始分化, 开始摄食

表 3 白斑红点鲑人工驯养方案  
Table 3 The schema of artificial domestication of *Salvelinus leucomaenis*

驯化阶段 Stage of acclimatization	饵料 Food	投喂方式 Methods of feeding	摄食率/% Grazing rate
1 阶段	丰年虫 Fairy shrimp	饲养 4-7 d, 每 d 投喂丰年虫 6~8 次, 每次投喂持续 20 min	97
2 阶段	丰年虫 Fairy shrimp	1.第 0 天至第 3 天, 每天第 1 次投喂水蚯蚓, 后 4 次投喂丰年虫	95
	水蚯蚓 Tubificidae	2.第 4 天至第 6 天, 每天前 2 次投喂水蚯蚓, 后 3 次投喂浮游动物	
3 阶段	水蚯蚓 Tubificidae	3.第 7 天至第 9 天, 每天前 3 次投喂水蚯蚓, 后 2 次投喂浮游动物	94
4 阶段	水蚯蚓 Tubificidae	投喂时间为 7 d, 每天投喂 4~5 次, 每次投喂持续 20~30 min;	90
	人工饲料 Artificial diet	1.第 0 天至第 7 天, 每天第 1 次投人工饲料, 后 3 次投喂水蚯蚓	
	人工饲料 Artificial diet	2.第 8 天至第 15 天, 每天前 2 次投人工饲料, 后 2 次投喂水蚯蚓	
5 阶段	人工饲料 Artificial diet	3.第 16 天至第 21 天, 每天前 3 次投喂人工饲料, 后 1 次投喂水蚯蚓	81
		投喂时间为 5 d, 每天投喂 4 次, 每次投喂持续 20~30 min。	

### 3 讨论

#### 3.1 白斑红点鲑人工繁殖特点

白斑红点鲑在日本 2<sup>+</sup>龄性腺发育成熟, 在北海道每年 9 月下旬到 10 月中旬产卵, 本州每年 10 月到 11 月产卵<sup>[12]</sup>, 引进国内后于生存温度和环境改变其繁殖特性也发生了相应的改变, 我国黑龙江产卵推迟到每年 11 月初到 11 月中旬, 3 龄性腺发育成熟。徐伟等报道哲罗鲑每年 5 月水温上升时产卵<sup>[13]</sup>, 作者连续记录了 2007、2008 和 2009 年白斑红点鲑繁殖时水温变化, 经统计每年 11 月初, 水温下降到

10℃以下时产卵, 这与同属的花羔红点鲑<sup>[14]</sup>相近; 部份鱼类人工繁殖过程中由于鱼类卵巢发育成熟不同步, 因此需要注射药物进行人工催产, 如施氏鲟<sup>[15]</sup>、大鳍鱈<sup>[16]</sup>及哲罗鱼<sup>[13]</sup>, 作者对白斑红点鲑研究过程中发现, 其不同以上鱼类, 白斑红点鲑亲鱼产卵时间比较统一, 因此未用药物进行人工催产。作者分析可能与亲鱼培育环境相关, 白斑红点鲑自然种群生活在温度低于 15℃的山间溪流中, 实验中亲鱼培育水源为清澈涌泉水, 且水温低 18℃常年流淌, 保证了亲鱼发育需要的水温变化和水流刺激, 因此亲鱼成熟较好。

### 3.2 胚胎和仔鱼发育

白斑红点鲑卵裂方式和胚胎发育时期与大多数硬骨性鱼类相同,但与一些鱼类相比较其胚胎发育又表现自己特点:(1)白斑红点鲑卵为橙黄色沉性卵,具有卵膜较厚卵黄含量多,胚盘较小等特点。(2)白斑红点鲑器官发育持续时间长,破膜时已具备基本形态结构,胚孔封闭之前眼原基已出现。(3)白斑红点鲑属于水体中下层鱼类,与哲罗<sup>[13]</sup>和虹鳟<sup>[17]</sup>等鲑科鱼类不同,仔鱼发育过程中没出现上浮现象。

鱼类胚胎发育至孵化出膜积温因鱼种类不同而不同,虽然同种鱼发育时间受水温等因素所影响,但受精卵的发育所需的总热量是一个常数,或者说卵的发育时间和温度乘积是个常数<sup>[18]</sup>。倒刺鲃积温达 45.66℃·d 孵化出膜<sup>[19]</sup>,哲罗鱼积温达 281.12℃·d 孵化出膜<sup>[13]</sup>,白斑狗鱼积温达 110.57℃·d 孵化出膜<sup>[20]</sup>,白斑红点鲑积温达 429.29℃·d 孵化出膜,可见不同种鱼类胚胎发育至孵化出膜积温不同;作者研究发现白斑红点鲑在水温 4.56~8.17℃条件下,积温达 429.29℃·d 孵化出膜,日本学者齐藤薰等和关泰夫,小岛将男报道白斑红点鲑在水温 9~11℃条件下积温达是 462~615℃·d 孵化出膜<sup>[3,5]</sup>,可见同样白斑红点鲑其孵化出膜积温相差很大,作者分析白斑红点鲑自 1996 年引进后由于长期在我国黑龙江低水温条件下生长,繁殖特性发生一定变化,但详细发育机理还有待进一步研究。

### 3.3 鱼苗的驯养

白斑红点鲑开食仔鱼在自然水域中主要摄食水中昆虫<sup>[12]</sup>,由于白斑红点鲑开始摄食在每年 1 月份左右,此时黑龙江正值冬季,捕捞不到天然的浮游动物,因此驯化中采用人工孵化丰年虫作为开食饵料,且摄食效果很好,摄食率高达 97%,由于丰年虫营养不够全面,且孵化量不能满足大批量鱼苗的需求,采用水蚯蚓过度办法,效果比较理想,水蚯蚓摄食率达 95%,当投喂一段时间水蚯蚓,鱼苗比较健壮时,开始逐渐添加人工饲料,驯化成活率在 79%。作者总结了白斑红点鲑驯化过程中几点注意事项:(1)由于白斑红点鲑不存在上浮现象,因此初次摄食时间选择在卵黄囊吸收 1/2 时开始投喂;(2)白斑红点鲑具有明显避光性,喜欢聚集在光线较暗的地方,所以驯化时应避免强光照射;(3)白斑红点鲑为水体中下层鱼类,喜欢潜伏在池底,要保证饲养池底具有充足的面积,且清污操作要轻以免损伤鱼体;(4)投喂丰年虫阶段,由于水温较低,丰年虫投入池中很快死亡,要及时清除,以免鱼苗

摄食变质饵料,引发肠炎等疾病。

### 参考文献:

- [1] 尼科尔斯基. 黑龙江流域鱼类[M]. 高岫,译. 北京: 科技出版社, 1960: 44-42.
- [2] 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索(上)[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 64-66.
- [3] 关泰夫, 小岛将男. イワナの増殖について- III. 餌付期の飼育[J]. 新潟県内水面水产試験場調査研究报告, 1978, 6(4): 30-33.
- [4] 飯野哲也, 田中深贵男. 田中繁雄. イワナ餌付け飼料の検討[J]. 埼玉県水産試験場研究報告, 1987, 4(46): 11-16.
- [5] 齐藤薰, 熊崎隆夫, 立川互. イワナの増殖について - v[J]. 岐阜县水产試験場研究报告, 1977, 3(2): 25-28.
- [6] 小原昌和, 沢木良宏, 山本聡, 等. 木曾川産イワナ野生魚の人工採卵[J]. 長野県水産試験場研究報告, 1994: 3:1-3.
- [7] 山本聡, 小原昌和, 沢木良宏, 等. 長野県産イワナの斑点の変異[J]. 長野県水産試験場研究報告, 2000, 4: 16-23.
- [8] 山本聡, 三城勇. イワナ ニジマス カジカの遊泳特性[J]. 長野県水産試験場研究報告, 2001, 3(5): 9-13.
- [9] 山本聡, 河野成実, 川之辺素一. 長野県内河川のイワナの肥満度[J]. 長野県水産試験場研究報告, 2004, 6: 4-8.
- [10] 王昭明, 吴凡修, 王新军, 等. 白点鲑发眼卵的贮存与人工孵化试验[J]. 中国水产科学, 2001, 8(4): 95-96.
- [11] 郝林华, 贾沁贤. 中国卤虫卵孵化温度特性的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 14-18.
- [12] 斎藤寿彦, 太田洋昌. イワナサケ科魚類のプロファイル[J]. さけ・ます資源管理センターニュース, 2003, 10: 12-14.
- [13] 徐伟, 尹家胜, 姜作发, 等. 哲罗鱼人工繁育技术的初步研究[J]. 中国水产科学, 2003, 10(1): 26-30.
- [14] 黄权, 吴莉芳, 张东鸣, 等. 花羔红点鲑人工繁殖和仔鱼培育技术研究[J]. 吉林农业大学学报, 2001, 23(1): 91-93.
- [15] 孙大江, 曲秋芝, 马国军, 等. 养殖施氏鲟的人工繁殖[J]. 中国水产科学, 2003, 10(6): 485-490.
- [16] 杨德国, 周剑光, 吴国犀, 等. 长江大鳍鱈的人工繁殖[J]. 中国水产科学, 1998, 5(2): 26-30.
- [17] 黄金善, 范兆廷, 贾忠贺, 等. 沉性大卵径鱼卵的观察方法与虹鳟的胚胎发育[J]. 经济动物学报, 2005, 9(4): 235-238.
- [18] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 134-137.
- [19] 易祖盛, 王春, 林小涛, 等. 倒刺鲃胚胎发育的研究[J]. 中国水产科学, 2004, 11(1): 65-69.
- [20] 杜劲松, 海萨, 苏德学, 等. 白斑狗鱼胚胎和仔鱼发育的研究[J]. 水生生物学报, 2004, 28(6): 629-634.