

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2013.00093

## 黑龙江水系(中国)大麻哈鱼生物学特征分析

王继隆, 刘伟, 唐富江

中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070

**摘要:** 2010和2011年在黑龙江和乌苏里江生殖洄游群体中采集了571尾大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta* Walbaum)样本,进行了鳞片观察和生物学测定。根据退算叉长,采用Logistic生长方程拟合大麻哈鱼叉长的生长,并计算了生长速度和加速度。结果表明,大麻哈鱼3龄前生长速度较快,以后逐渐变慢。对3<sup>+</sup>龄大麻哈鱼生长分析表明,在1.372和1.492龄时,雄、雌个体生长速度最快,而在2.674和2.823龄时生长加速度最低,和性成熟开始时期相吻合。利用逻辑斯蒂拟合方程估算了大麻哈鱼50%个体初次性成熟叉长( $L_{50}$ ),雄性为46.19 cm,雌性为47.95 cm,ARSS分析表明雌雄差异显著( $P<0.05$ ),对应的50%初次性成熟时间 $T_{50}$ 分别为2.00和2.15。通过大麻哈鱼生长分析,认为应将50%初次性成熟叉长作为资源管理的重要生物学指标。黑龙江大麻哈鱼雌性个体GSI和绝对繁殖力均与叉长呈显著正相关( $P<0.05$ ),而雄性个体上述指标均与叉长呈显著负相关( $P<0.05$ )。黑龙江雌性和雄性大麻哈鱼GSI与叉长相关关系的回归方程分别为: $y=0.578x-18.225(R^2=0.441)$ ;  $y=-0.090x+8.852(R^2=0.423)$ 。黑龙江群体性腺发育程度高于乌苏里江群体,乌苏里江群体性腺发育的不一致性导致了GSI和叉长的相关关系不显著。

**关键词:** 大麻哈鱼; 退算叉长; 生长速度; 性腺成熟指数

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2013)01-0093-08

大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta* Walbaum)是典型的溯河洄游性鱼类,广泛分布于白令海、北太平洋、鄂霍次克海、日本海及沿岸河流中,在渔业经济中占有重要地位。洄游至中国境内黑龙江水系的大麻哈鱼分为黑龙江和乌苏里江两个地方种群<sup>[1]</sup>,20世纪50-60年代至21世纪初,随着捕捞强度的加大和栖息地环境的破坏,大麻哈鱼数量不断减少,目前产量和历史资料相比仍维持在一个相对较低的水平。

大麻哈鱼性成熟后溯河洄游至出生地产卵,终生只繁殖1次,随后繁殖群体逐渐死亡。幼鱼春季孵化出来即开始降河,随后在海洋中完成生长发育直至性成熟<sup>[2]</sup>。大麻哈鱼淡水、海水间的生活经历形成了其特有的生长规律和繁殖策略。国外学者对太平洋大麻哈鱼的研究较为深入,有

关大麻哈鱼资源量变动、繁殖活动、海(淡)水中的生长情况等都有相应报道<sup>[3-5]</sup>,由于地理条件限制,在中国只能采捕生殖洄游大麻哈鱼群体样本,对大麻哈鱼的研究主要是针对生殖洄游群体个体大小、数量结构等基本指标<sup>[6-10]</sup>,而对大麻哈鱼生长和繁殖生物学方面的研究却很少。因此,本研究尝试利用退算叉长和基本生物学数据,对黑龙江水系的黑龙和乌苏里江大麻哈鱼群体的生物学特征进行分析,为更好地开展大麻哈鱼增殖放流等工作提供基础资料。

### 1 材料与方法

#### 1.1 样本来源

本研究所需大麻哈鱼样本来源于2010和2011年秋季采捕于黑龙江省抚远县的大麻哈鱼生

收稿日期: 2012-03-02; 修订日期: 2012-04-13.

基金项目: 农业部财政专项物种资源保护项目(2130135); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(201107).

作者简介: 王继隆(1984-)男, 研究实习员, 主要从事渔业资源与生态学研究. E-mail: wjl0321225@163.com

通信作者: 刘伟(1960-), 研究员, 研究方向为渔业资源与生态. E-mail: liuwei\_1020@yahoo.com.cn

殖洄游群体。乌苏里江采捕地点为乌苏镇江段，黑龙江采捕地点为抚远县城江段，这两个点均处于大麻哈鱼洄游通道中，分别代表了两个不同的地理种群(图 1)。采捕方式为三层流刺网，网目大小为 12.67 cm。对采捕大麻哈鱼进行现场测量叉长、称量体质量，取鳞片，并保存带回实验室进一步分析，实验共收集大麻哈鱼样本 571 尾(其中黑龙江 203 尾，乌苏里江 368 尾)。

1.2 材料处理及数据分析

取大麻哈鱼背部鳞片 10~15 枚，放入鳞片袋中保存，在实验室中用 5%氢氧化钾溶液浸泡 5 min，然后清洗干净，用滤纸拭干，制成载玻片，在显微镜(物镜×4，目镜×10)下观察，用 CCD 拍照，测量鳞片轮径并记录。年龄鉴定和轮径测量均按常规方法，共得到 503 组有效数据(表 1)。实验室解剖大麻哈鱼样本，并称取性腺质量。

通过鳞片不仅鉴定了大麻哈鱼的年龄，还根据鳞片轮纹按下式推算各年龄段的叉长：

$$l_t = l_c + \frac{S_t - S_c}{S_c - S_b} \times (l_c - l_b)$$

式中， $l_c$  和  $S_c$  为大麻哈鱼捕获时的叉长和鳞片鳞径， $l_b$  和  $S_b$  为鳞片形成时的叉长和鳞径， $l_t$  和  $S_t$  为  $t$  龄时叉长和鳞径。根据以往研究结果<sup>[11]</sup>，式中  $l_b=4$  cm;  $S_b=0.114$  cm。

以各年龄段推算叉长数据为基础，采用逻辑斯蒂生长方程(logistic GF)拟合大麻哈鱼生长。

$$L_t = \frac{L_\infty}{1 + e^{-k(t-t_0)}} + \varepsilon$$

模型参数采用最大似然法估计，假设生长模型残差分布形式为正态分布，生长模型中年龄叉长数据的似然值为：

$$L(\tilde{L} | L_\infty, K, T_0, \sigma^2) = \prod_{i=1}^N \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[L_i - f(L_\infty, K, T_0, t_i)]^2}{2\sigma^2}\right\}$$

式中  $L_t$  是大麻哈鱼  $t$  龄时的叉长;  $L, k, T_0$  为

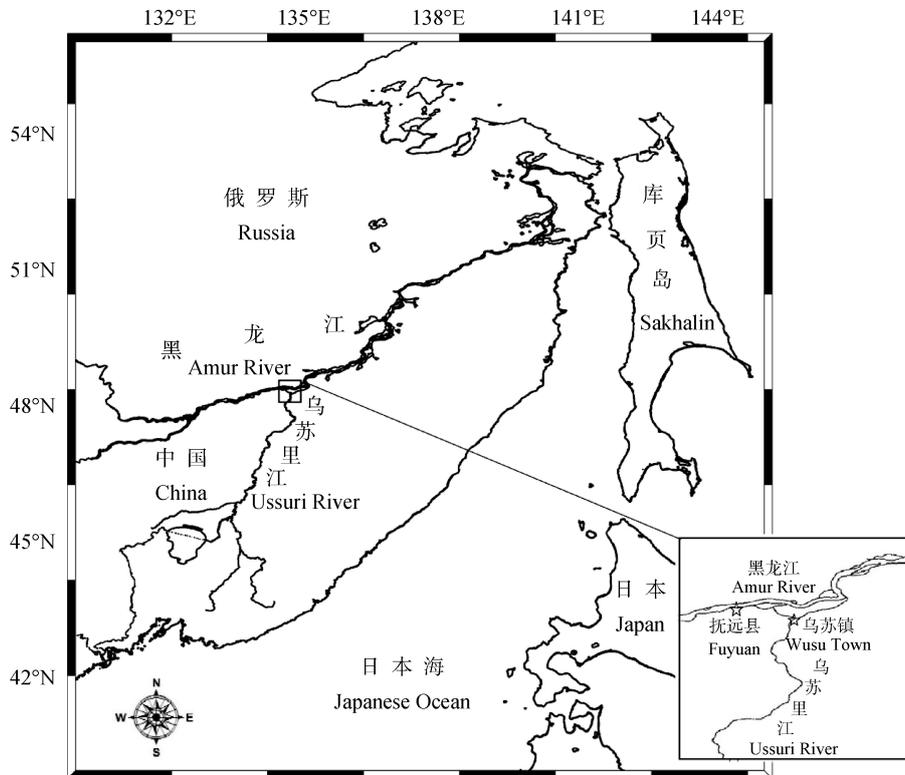


图 1 调查站点图

Fig. 1 The map of investigating station

logistic 生长方程参数,  $L_{\infty}$  为渐近叉长,  $K$  为生长曲线的平均速率,  $T_0$  为假设的理论生长起点年龄。采用 ARSS 分析判断雌雄个体又生长差异的显著性。

以 2 cm 为间距, 利用各叉长组的性成熟个体百分比拟合 Logistic 曲线, 推算雌、雄鱼的初次性成熟叉长<sup>[12]</sup>, 进而计算 50%初次性成熟叉长。决定鲑科鱼类性成熟的关键时期在春季(成熟期前半年)和秋季(成熟期前 1 年), 因此, 大麻哈鱼性成熟期和鳞片轮纹形成期相对应<sup>[13-14]</sup>, 本研究采取大麻哈鱼鳞片上最后 1 个轮纹形成时期作为其性成熟划分期<sup>[4]</sup>。

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(a+bl_i)}}$$

式中,  $P_i$  为成熟个体占组内样本的百分比;  $l_i$  为各叉长组中值(cm)。

初次性成熟叉长为:  $L_{50} = -a/b$ 。

由于大麻哈鱼溯河洄游期间停食空胃, 性腺成熟指数(Gonad somatic Index, GSI)计算公式中分母采用体质量(BW)。公式如下:

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 100\%$$

绝对繁殖力  $F$  按下式计算:

$$F = e \times \frac{GW}{a}$$

式中,  $a$  为称取的卵质量(g),  $e$  为所称取卵中的卵粒数,  $GW$  为性腺质量,  $BW$  为体质量。

## 2 结果与分析

### 2.1 生长模拟

黑龙江、乌苏里江各年龄段间大麻哈鱼的退

算叉长如图 2 所示, 大麻哈鱼出生月份为 1—2 月, 捕获时月份为 10 月左右<sup>[2]</sup>, 据此可推算性成熟年龄为 2<sup>+</sup>、3<sup>+</sup>和 4<sup>+</sup>的大麻哈鱼捕获时的年龄分别为 2.7、3.7 和 4.7 龄。图 2 显示大麻哈鱼 2.7、3.7 龄时的平均叉长分别大于 3、4 龄时的叉长, 这可能主要由不同性成熟年龄间的大麻哈鱼的生长规律不同所造成的。因此, 下文将同一性成熟年龄组个体放在一起进行生长分析。

根据各年龄段退算叉长, 分别模拟黑龙江、乌苏里江大麻哈鱼的叉长生长, ARSS 分析结果表明两大麻哈鱼群体间叉长生长的差异并不显著 ( $P>0.05$ )。

为避免不同性成熟年龄间大麻哈鱼的生长差异性影响, 以乌苏里江 3<sup>+</sup>龄大麻哈鱼为研究对象, 进一步分析相同性成熟年龄组中大麻哈鱼的生长规律。通过最大似然估计得到 logistic 生长方程各参数(表 2)。可见雄性个体生长速度比雌性稍快, 极限叉长比雌性小。

### 2.2 生长速度和加速度

为进一步分析大麻哈鱼生长速度、加速度的变化规律, 对 logistic 生长方程求导, 得到大麻哈鱼生长速度、加速度方程。计算得到雄、雌性大麻哈鱼生长速度拐点年龄分别为 1.372 和 1.492, 雄、雌性大麻哈鱼生长加速度拐点年龄分别为 2.674 和 2.823(图 3)。

$$\text{生长速度: } \frac{dL}{dt} = \frac{L_{\infty} \cdot k \cdot e^{-k(t-t_0)}}{[1 + e^{-k(t-t_0)}]^2}$$

表 1 乌苏里江、黑龙江 2<sup>+</sup>和 3<sup>+</sup>龄大麻哈鱼叉长及体质量

Tab. 1 Fork length and fork length of *Oncorhynchus keta* from Ussuri River and Amur River at age 2<sup>+</sup> and 3<sup>+</sup>

年龄组 age group		乌苏里江 Ussuri River		黑龙江 Amur River		$\bar{x} \pm SD$
		♀	♂	♀	♂	
2 <sup>+</sup>	( $n_1=132$ )	叉长/cm fork length	58.92±0.46	58.01±0.46	61.80±0.78	60.2±1.91
	( $n_2=44$ )	体质量/g weight	2076.82±49.89	2028.82±57.52	2543.62±77.61	2472.04±306.47
3 <sup>+</sup>	( $n_1=205$ )	叉长/cm fork length	63.40±0.33	61.37±0.46	64.54±0.37	63.82±0.79
	( $n_2=103$ )	体质量/g weight	2803.68±49.49	2603.32±74.93	2867.93±50.47	2816.94±97.01
总数	$n=503$	叉长/cm fork length	62.14±0.30	60.08±0.36	63.93±0.34	62.65±0.84
total		体质量/g weight	2593.79±43.00	2369.80±53.91	2790.98±42.90	2707.32±120.30

注:  $n_1, n_2$  分别表示乌苏里江和黑龙江样本在该年龄组中的数量, 4<sup>+</sup>龄个体较少表内未做统计( $n_1=9, n_2=10$ )。

Note:  $n_1, n_2$  stand for the number of *Oncorhynchus keta* from Ussuri and Amur Rive, respectively. As the quantity of the stocks at 4<sup>+</sup> age group is small, it is not mentioned in the table( $n_1=9, n_2=10$ ).

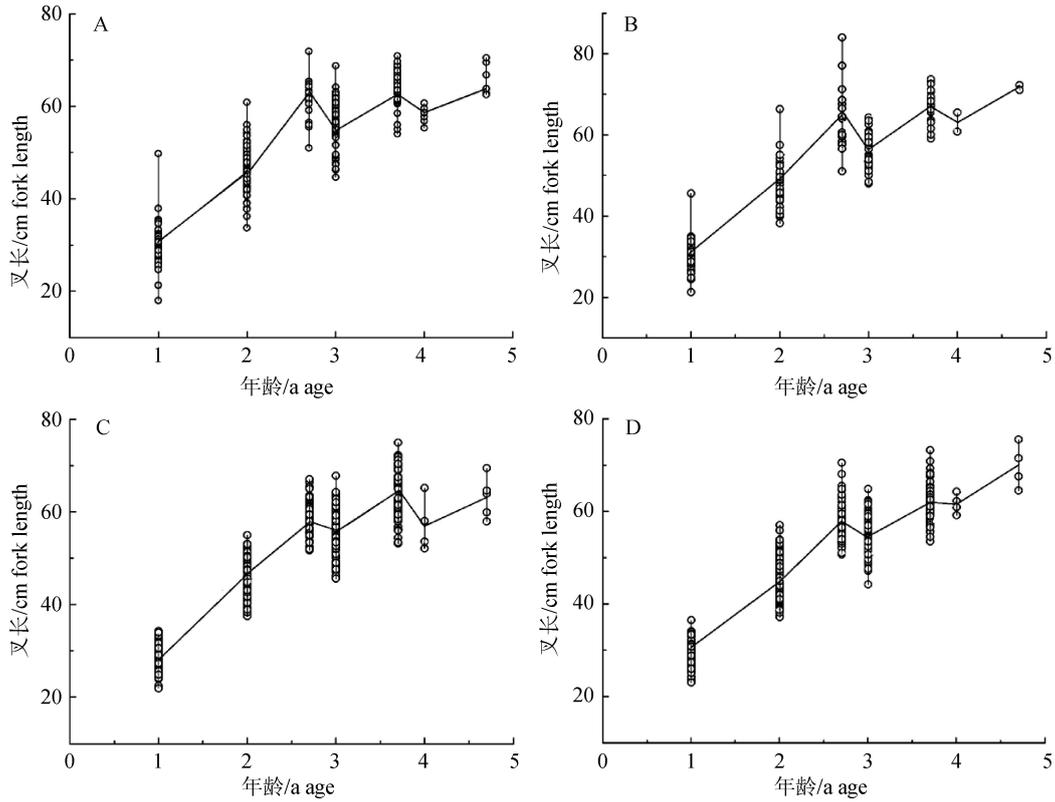


图 2 大麻哈鱼退算叉长

A.黑龙江雌性; B.黑龙江雄性; C.乌苏里江雌性; D.乌苏里江雄性.

Fig. 2 Back-calculated fork length of *Oncorhynchus keta*

A. Amur River(♀), B. Amur River(♂), C. Ussuri River (♀), D. Ussuri River (♂).

表 2 乌苏里江 3+ 龄大麻哈鱼生长参数

Tab. 2 Growth parameters of *Oncorhynchus keta* from Ussuri River at age 3+

生长参数 growth parameter	雄性(♂) male	雌性(♀) female
$K$	0.89	0.87
$L$	68.33	72.04
$T_0$	1.37	1.49

注:  $L_\infty$  为渐近叉长,  $K$  为生长曲线的平均速率,  $t_0$  为假设的理论生长起点年龄.

Note:  $L_\infty$  is asymptotic fork length;  $K$  is average speed of growth curve;  $t_0$  is supposed theoretical age of growth start.

生长加速度:

$$\frac{d^2L}{dt^2} = \frac{L_\infty \cdot k^2 \cdot e^{-k(t_i-t_0)} [e^{-k(t_i-t_0)} - 1]}{[1 + e^{-k(t_i-t_0)}]^3}$$

### 2.3 初次性成熟叉长

根据 logistic 方程得到乌苏里江雌、雄大麻哈鱼 50%初次性成熟叉长分别为 47.95 cm 和 46.19 cm(图 4)。对拟合结果进行 ARSS 分析, 结果表明

雌、雄个体的性成熟概率曲线差异显著( $P < 0.01$ )。根据表 2 中求得的大麻哈鱼 logistic 生长方程可计算出雄、雌大麻哈鱼 50%初次性成熟年龄  $T_{50}$  分别为 2.003 和 2.149。

### 2.4 GSI 和绝对繁殖力

黑龙江、乌苏里江雌性大麻哈鱼 GSI 均值分别为 16.20%和 12.99%(图 5)。方差分析表明, 两江的雌性大麻哈鱼 GSI 差异性极显著( $P < 0.01$ ), 黑龙江同期雌性大麻哈鱼生殖洄游群体比乌苏里江的性腺成熟指数高。相关性分析结果表明, 黑龙江雌性大麻哈鱼 GSI、绝对繁殖力和叉长呈显著正相关( $P < 0.05$ ); 而雄性个体 GSI 和叉长呈显著负相关( $P < 0.01$ )。黑龙江大麻哈鱼雌性与雄性 GSI 和叉长之间的回归方程分别为:  $y = 0.578x - 18.225$  ( $R^2 = 0.441$ );  $y = -0.090x + 8.852$  ( $R^2 = 0.423$ ) (图 6)。乌苏里江雌性个体 GSI 和叉长之间的相关性不显著( $P > 0.05$ ), 绝对繁殖力和叉长呈显著正相关( $P < 0.01$ )。

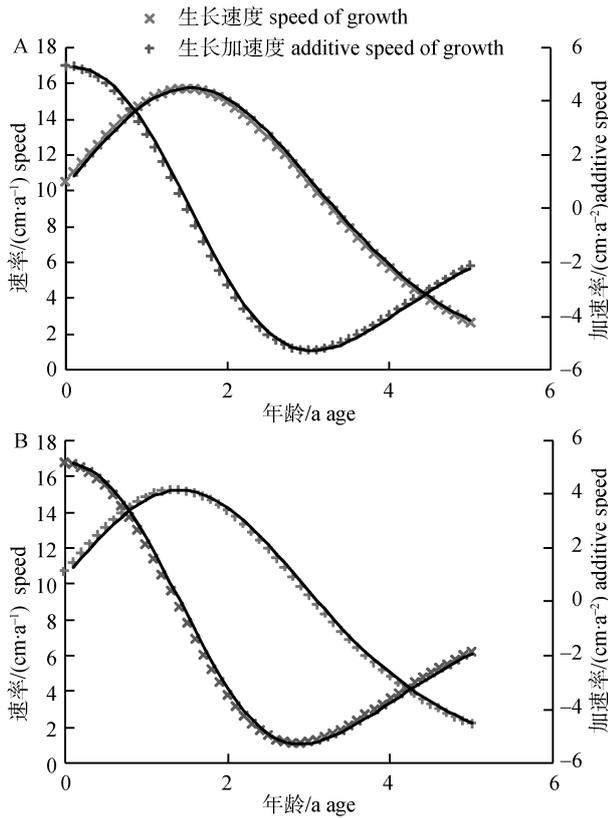


图 3 乌苏里江 3<sup>+</sup>龄雄性(A)和雌性(B)大麻哈鱼生长速度、加速度

Fig. 3 Speed and additive speed of growth for male (A) and female (B) *Oncorhynchus keta* at age 3<sup>+</sup>

### 3 讨论

#### 3.1 大麻哈鱼生长特征

大麻哈鱼是典型的洄游性鱼类, 一生要经历

从淡水到海洋然后再洄游至淡水的生命历程<sup>[2]</sup>, 不同生长时期的生存环境不同, 形成了其独特的生长模式。ARSS 分析表明, 黑龙江、乌苏里江大麻哈鱼群体间叉生长的差异性并不显著, 而不同性成熟年龄间个体的生长模式却不同(图 2)。本研究以生殖洄游群体中 3<sup>+</sup>龄大麻哈鱼为例, 根据 logistic 生长方程描述了其整个生命周期内的生长规律, 生命早期阶段生长速度较快, 在 1.3~1.5 龄时达最大速度。这种生长特征和大多数鱼类一样, 是通过快速生长来减少死亡率的生存策略<sup>[15]</sup>。随着年龄的增长, 生长速度逐渐下降, 3 龄以后生长较缓慢。雌、雄大麻哈鱼的生长加速度最低时的年龄分别为 2.674 和 2.823。根据大麻哈鱼生活史资料<sup>[2]</sup>, 笔者判断 3<sup>+</sup>龄大麻哈鱼性成熟年龄在 2.7 龄左右。这正和大麻哈鱼生长加速度最低时的年龄相吻合。这说明大麻哈鱼摄取的食物主要用于性腺的发育和能量积累, 这也是造成其叉生长缓慢的主要原因<sup>[16]</sup>。同时这种能量积累为溯河洄游及繁殖行为提供能量保证<sup>[17]</sup>。从生长方程参数看出(表 2), 雄性个体生长速度快于雌性个体, 而平均叉长和极限叉长比雌性个体要短。这可能是由于雌性个体性腺发育需要更多的能量积累, 其生长期比雄性稍长, 因而雌性个体比雄性稍大。

#### 3.2 50%初次性成熟叉长

总体来说, 乌苏里江大麻哈鱼雌性和雄性个体 50%初次性成熟叉长分别为 47.95 cm 和 46.19

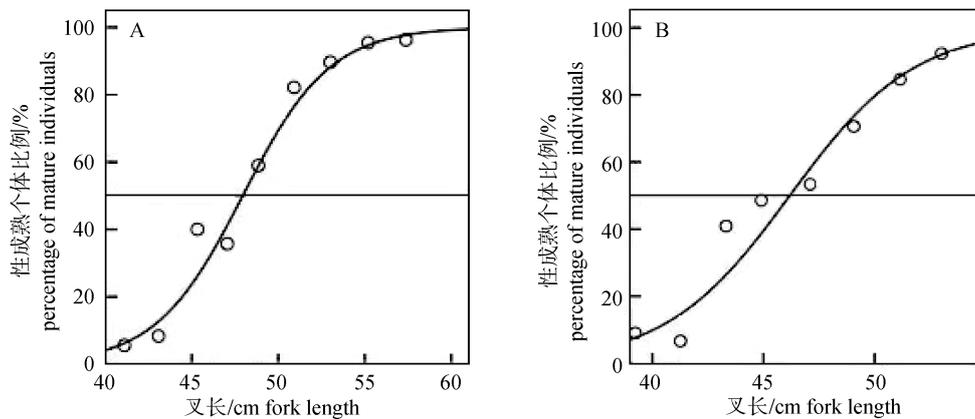


图 4 不同叉长组雌(A)雄(B)大麻哈鱼性成熟个体所占比例

Fig. 4 Mature proportion of female(A) and male(B) *Oncorhynchus keta* in different fork length groups

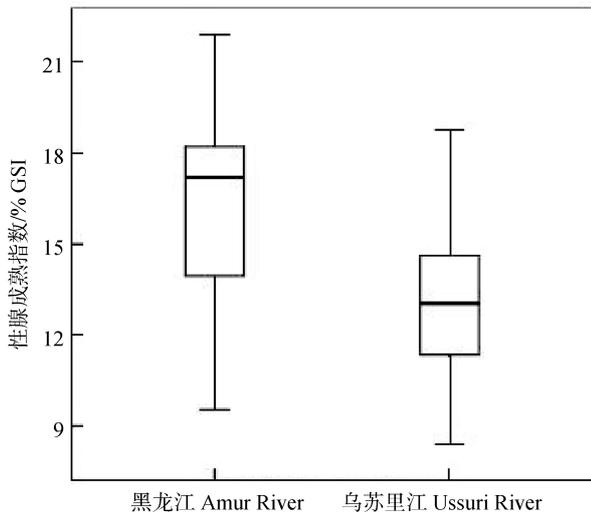


图 5 黑龙江、乌苏里江雌性大麻哈鱼 GSI 对比

Fig. 5 Comparison of GSI of female *Oncorhynchus keta* from Amur River and Ussuri River

cm, 根据 logistic 生长方程推算的 50%初次性成熟年龄分别为 2.15 和 2.00。这也意味着 50%的大麻哈鱼个体性腺发育已开始逐步成熟, 并且拟合其性成熟曲线的逻辑斯蒂方程的曲率较高(雄性: 14.86; 雌性: 14.64), 此时正是大麻哈鱼生长的关键时期。根据以往的渔业开发经验<sup>[18]</sup>, 此时的大麻哈鱼群体应得到合理保护。50%初次性成熟叉长是大麻哈鱼生长发育特征的一个重要指标, 对其波动变化应进行长期监测。同时作为大麻哈鱼生物学的基础数据, 为渔业管理部门制定合理的管理措施提供可靠依据。

### 3.3 性腺成熟指数

黑龙江大麻哈鱼群体性腺发育指标比乌苏里江群体高, 黑龙江个体卵粒比乌苏里江个体更饱满。这一方面可能因为黑龙江、乌苏里江大麻哈鱼作为两个地方性种群, 存在一定的遗传距离<sup>[1]</sup>, 遗传特性存在差异; 另一方面可能是由两个群体的生长环境影响所致; 除此之外, 也可能是人工增殖放流群体与野生群体之间的差异造成的, 洄游至中国境内的黑龙江大麻哈鱼主要是人工繁殖群体, 而乌苏里江主要是野生群体(目前中国和俄罗斯在乌苏里江均未设有放流站, 以上情况系黑龙江水产研究所与俄罗斯水产相关部门相互交流得知), 人工繁殖的长期选择性可能造成遗传结构的差异。

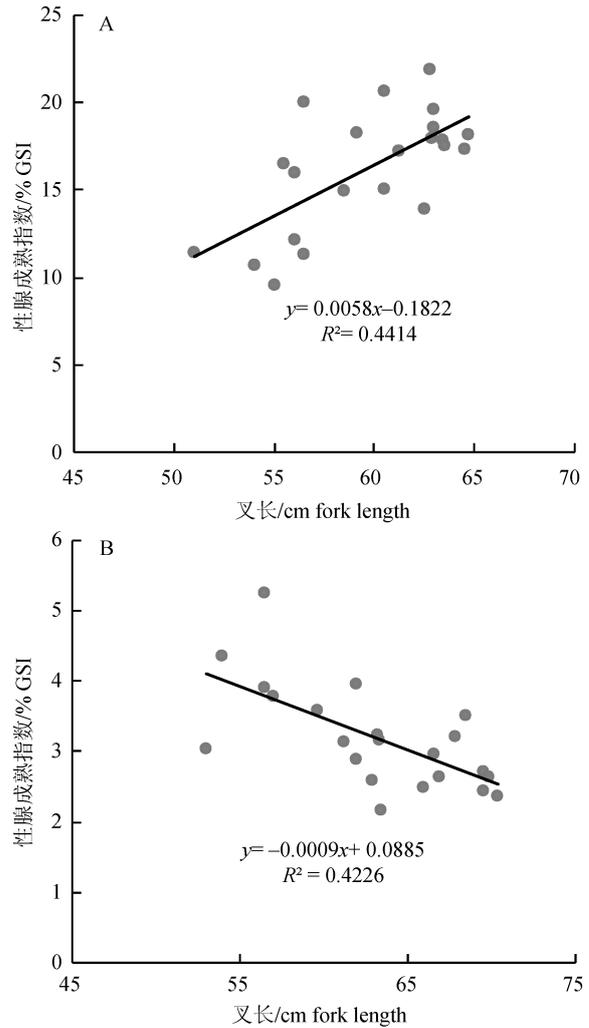


图 6 黑龙江大麻哈鱼 GSI 与叉长之间的关系

A. 雄性; B. 雌性.

Fig. 6 Relationship between GSI and fork length in *Oncorhynchus keta* from Amur River

A .male; B.female.

黑龙江雌性大麻哈鱼 GSI 和绝对繁殖力均与叉长呈显著正相关, 雄性个体则呈显著负相关; 反映出雌性个体越大其 GSI 会相应的增加, 而雄性个体则不会。这也说明雌性个体发育是大麻哈鱼繁殖力提高的限制条件。乌苏里江雌性个体 GSI 和叉长的相关关系不显著。从解剖情况来看, 乌苏里江大麻哈鱼雌性个体间性腺发育程度水平不尽一致, 卵粒发育水平的不同可能是导致其相关关系不显著的主要原因。而且乌苏里江大麻哈鱼渔汛持续时间也比黑龙江群体长, 这也反映出乌苏里江大麻哈鱼洄游距离较长, 上游支流分布

着多处产卵场。

### 3.4 其他

大麻哈鱼的生长和多种因素有关, 海洋环境条件如温度、盐度等生存条件都影响大麻哈鱼的生长<sup>[12, 19-20]</sup>, 种间、种内压力也是其影响因素之一<sup>[21]</sup>。其生长规律体现了大麻哈鱼的生存策略, 是长期自然选择的结果。除此之外, 大麻哈鱼性成熟年龄的变化也一直是研究的难点, 国外已有学者对此开展了相关研究<sup>[4-5]</sup>, 指出大麻哈鱼的生长状况在一定程度上决定了其性成熟的时间, 关于这一问题还需进一步探讨。

### 参考文献:

- [1] Chen J P. Genetic analysis of four wild Chum salmon *Oncorhynchus keta* populations in China based on microsatellite markers[J]. Environ Biol Fish, 2005, 73: 181-188.
- [2] Salo E O. Pacific salmon life histories[M]. Univ B C, 1991.
- [3] Bigler B S, Welch D W, Helle J H. A review of size trends among North Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.)(J). Can J Fish Aquat, 1996, 53: 455-465.
- [4] Morita K, Fukuwaka M A. Does size matter most? The effect of growth history on probabilistic reaction norm for salmon maturation [J]. Evolution, 2006, 7(60): 1516-1521.
- [5] Morita K, Fukuwaka M A. Why age and size at maturity have changed in Pacific salmon[J]. Mar Ecol Prog Ser, 2007, 335: 289-294.
- [6] 赵春刚, 潘伟志, 陈军, 等. 2004 年乌苏里江大麻哈鱼生殖群体结构研究[J]. 水产学杂志, 2004, 2(18): 59-64.
- [7] 韩英, 王云山, 范兆廷, 等. 黑龙江流域大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta* Walbaum)资源现状研究[J]. 水产学杂志, 2002(1): 24-34.
- [8] 唐富江, 刘伟, 徐凤龙, 等. 黑龙江水系(中国)秋大麻哈鱼回归群体变动分析[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 1(19): 74-79.
- [9] 董崇智, 赵春刚, 王金, 等. 乌苏里江大麻哈鱼的溯河生殖群体结构[J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 5-9.
- [10] 王继隆, 刘伟, 唐富江, 等. 乌苏里江秋大麻哈鱼生殖洄游群体结构特征与分析[J]. 湖南农业科学, 2011, 21: 120-123.
- [11] Fukuwaka M, Kaeriyama M. A back-calculation method for estimating individual growth of juvenile Chum salmon by scale analysis[J]. Hokkaido Salmon Hatch, 1994, 48: 1-9.
- [12] Ricardo T, Piero V, Miguel R. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters[J]. Fish Res, 2001, 54: 33-50.
- [13] Silverstein J T, Shearer K D, Dickhoff W W. Effects of growth and fatness on sexual development of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) parr[J]. Can J Fish Aquat, 1998, 55: 2376-2382.
- [14] Campbell B, Dickey J T, Swanson P. Endocrine changes during onset of puberty in male spring chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*[J]. Biol Reprod, 2003, 69: 2109-2117.
- [15] Duffy E J, Beauchamp D A. Rapid growth in the early marine period improves the marine survival of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in Puget Sound, Washington[J]. Fish Aquat Sci, 2011, 2(68): 232-240.
- [16] Fleming I A. Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution [J]. Rev Fish Biol Fish, 1996, 4(6): 379-416.
- [17] Hendry A P, Berg O K. Secondary sexual characters, energy use, senescence, and the cost of reproduction in sockeye salmon[J]. Can J Zool, 2000, 11(77): 1663-1675.
- [18] Booth A J, Quinn T J. Maximum likelihood and Bayesian approaches to stock assessment when data are questionable[J]. Fish Res, 2006, 80: 169-181.
- [19] Ishida Y, Welch D W, Ogura M. Potential influence of North Pacific sea-surface temperatures on increased production of Chum salmon (*Oncorhynchus keta*) from Japan[J]. Clim Change N Fish Popul, 1995, 121: 271-275.
- [20] Ishida Y, Ito S, Kaeriyama M. Recent changes in age and size of Chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the North Pacific Ocean and possible causes[J]. Fish Aquat Sci, 1993, 50: 290-295.
- [21] Volobuev V V. Long-term changes in the biological parameters of Chum salmon of the Okhotsk Sea[J]. NPAFC Bull, 2000, 2: 175-180.

## Analysis of biological traits of Chum salmon (*Oncorhynchus keta* Walbaum) in the Amur River, China

WANG Jilong, LIU Wei, TANG Fujiang

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

**Abstract:** We evaluated the growth and reproductive biology of Chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the Amur and Ussuri Rivers. We collected 571 homing Chum salmon in 2010 and 2011. Using a logistic growth function, we simulated the growth of Chum salmon and estimated the speed and additive rate of growth. Chum salmon grows faster before the age 3, after which the rate of growth declines. In Chum salmon that migrate upstream at the age of 3<sup>+</sup>, the highest rate of growth occurred at age 1.372 and 1.492 for male and female individuals, respectively. The lowest additive rate of growth occurred at age 2.674 and 2.823, which corresponds to the beginning of maturation. The total fork length at which 50% of male and female individuals reach sexual maturity ( $L_{50}$ ) was estimated using a logistic moderating function, and was 46.19 cm for males and 47.95 cm for females. The corresponding age was 2.00 and 2.15, respectively. ARSS analysis revealed a significant difference between male and female individuals. Based on analysis of the growth of Chum salmon, the  $L_{50}$  appears to be a useful indicator of population health for the fishery resource management. The positive correlation between GSI, absolute fecundity, and fork length was significant for female Chum salmon from Amur River. Conversely, we observed a significant passive correlation between these variables for male individuals. The regression function was as follows:  $y=0.578x-18.225(R^2=0.441)$ ;  $y=-0.090x+8.852(R^2=0.423)(P<0.05)$ . The GSI of Chum salmon from Amur River was higher than that for Ussuri River stocks. Unsynchronization of gonad development resulted in a non-significant correlation between GSI and fork length.

**Key words:** *Oncorhynchus keta* Walbaum; back-calculated fork length; growth speed; GSI

**Corresponding author:** LIU Wei. E-mail: liuwei\_1020@yahoo.com.cn