

· 研究简报 ·

人工养殖陆封型大西洋鲑的生物学特性

陆九韶¹, 李永发¹, 夏重志¹, 吴文化¹, 王 斌², 夏永涛²

(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 102411)

摘要:2000年3月从美国缅因州格兰特湖(Grant Lake)引进陆封型大西洋鲑(*Salmo salar*)发眼卵,从孵出仔鱼开始,在人工养殖条件下,采用实验生态学方法,观察其形态特征、年龄、生长、食性、性腺发育、繁殖生态等生物学特性,研究其生长发育所需条件,分析养殖环境因子对其生长发育及繁殖生理的影响。结果表明,陆封型大西洋鲑3龄组体重(W)与叉长(L)相关方程为 $W=0.0131L^{2.9849}$;可完全投喂用人工颗粒饲料;在淡水中饲养3年(11783度日)性腺可发育成熟。统计980尾性成熟雌鱼的产卵率可达98%以上,成熟个体平均相对怀卵量为1885粒/kg体重。成熟雄性精子数量为200亿/mL,人工繁殖时雌雄比为2:1,受精率75%~92%。

关键词:陆封型大西洋鲑;生物学特性

中图分类号:Q959.46 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2004)01-0078-04

大西洋鲑(*Salmon salar*)属鲑科(Salmonidae)鲑属(*Salmo*)的冷水性鱼类。目前,国外在海水网箱养殖方面开展较多,尚无全人工淡水养殖陆封型大西洋鲑的报道。国外有关大西洋鲑洄游型种类的生物学特性方面的报道较多^[1-4],而陆封型大西洋鲑有关方面的报道尚少见。本研究对缅因州格兰特湖(Grant Lake)引进的发眼卵,在人工养殖条件下,进行生物学特性观察,以期为大西洋鲑规模化养殖提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

于2000年3月从美国缅因州格兰特湖渔场引进野生陆封型大西洋鲑发眼卵,经人工孵化出仔鱼后,以稚鱼、1龄鱼、2龄鱼以及育成成熟亲鱼的各发育阶段的鱼作为实验材料。

1.2 实验条件

黑龙江水产研究所渤海冷水性鱼类试验站,位于N44°,E125°30′。泉水流量0.48 m³/s,水温0~18℃,溶解氧7~8.18 mg/L, pH 7.4,总硬度1.92~2.14 德国度,矿化度110.91~123.21 mg/L;中国水产科学研究院鲟鱼繁育技术工程中心,位于N39°50′,E116°27′。水源为拒马河水和地下水,河水水温为1.85~22.37℃,溶解氧7.12~8.01 mg/L, pH 7.5,总硬度11.10 德国度,矿化度270.08 mg/L。地下水水温为12~18℃。

1.3 方法

1.3.1 形态和生长测定 从稚鱼到幼鱼每半月测量1次,从幼鱼到性成熟亲鱼每月测量1次。形态指标:测定叉长、体高等12个可量和可数性状。生长通过叉长、体重的测定,用体重(W)与叉长(L),相关关系式 $W=aL^b$ 和生长率公式 $\lg L_n - \lg L_{n-1} / [0.4343(t_n - t_{n-1})]$ ^[5],找出生长积累期和加速生长期的转折点。

1.3.2 食性观察 用数理统计方法,定期计算不同发育期间,人工配合饲料的投饵率、饵料系数及食物转化率。

1.3.3 性腺发育 通过组织学^[6]及解剖学观察性腺分化时期,成熟系数及个体怀卵量与叉长的相关关系。

1.3.4 生态学要求 根据每天对水温、溶解氧、流量等的测定,找出生长发育适温范围,最佳生长水温和能忍耐高温的界限并且测定了耗氧率等。

2 结果与分析

2.1 形态特征

陆封型大西洋鲑成鱼体长形而侧扁,呈流线型。头部无鳞,口端位,吻突出,口裂微斜,上下颌各具齿一列,上颌骨后端不达眼部。生殖季节雄鱼吻端突出呈钩状,上下相对如钳形。背鳍较短居中,鳍条间具有黑色斑点,脂鳍肉质末端游离,脂鳍基部向前向下至侧线的鳞片为13枚,尾鳍幼鱼深叉形,成鱼为半月形。侧线鳞完全。体背部黑灰色或灰黄色并带有黑色斑点,体侧至腹部银白色。实测的1龄、3龄可数

收稿日期:2003-04-01;修订日期:2003-11-26。

基金项目:农业部“948”资助项目(983098)。

作者简介:陆九韶(1963-),男,助理研究员,从事冷水性鱼类养殖研究。

性状和可量性状未见显著差异,详见表1。

表1 陆封型大西洋鲑的形态学特征

Table 1 Morphological characters of landlocked Atlantic salmon

项目 Item	1 [*]	3 [*]	$\bar{X} \pm S$
叉长/体高 Fork length/Body tall	4.56 - 4.78	3.60 - 5.00	4.49 ± 0.441
叉长/头长 Fork length/Head length	4.48 - 4.92	4.44 - 5.11	4.58 ± 0.402
头长/吻长 Head length/Lips length	3.50 - 3.76	2.12 - 4.63	3.35 ± 0.565
头长/眼径 Head length/eye diameter	4.70 - 4.88	4.44 - 7.00	5.36 ± 0.650
尾柄长/尾柄高 Length height of caudal peduncle	1.01 - 1.09	1.17 - 1.67	1.47 ± 0.146
背鳍鳍条 Branched dorsal rays	11 - 12	11 - 12	11.6 ± 0.496
臀鳍鳍条 Branched anal rays	8 - 10	8 - 10	9.2 ± 0.533
侧线鳞 Lateral line scales	110 - 116	110 - 117	113 ± 2.348
鳃耙 Branchial bars	15 - 17	15 - 17	16.6 ± 0.684
脊椎骨 Total vertebrae	53 - 62	53 - 62	58.6 ± 2.793

2.2 年龄、生长和变态

引进的陆封型大西洋鲑现在2个基地有3个年龄组组成,其生长情况经测定:1龄组平均叉长3 cm,平均体重1.5 g;2龄组平均叉长27.4 cm,平均体重253.7 g;3龄组平均叉长43.3 cm,平均体重1 100 g。

2龄组和3龄组的体重(W)与叉长(L)相关关系式分别为 $W = 0.013\ 6\ L^{2.994}$, ($r = 0.893\ 4$); $W = 0.013\ 1\ L^{2.994}$, ($r = 0.893\ 3$)。其生长率和生长指标,黑龙江渤海试验点分别为34.48%和1.67;北京房山分别为64.66%和3.36,后者生

长速度明显快于前者。陆封型大西洋鲑生长发育期有一个生长加速阶段(表现较高生长率),在房山试验点发生在孵化后第180天,而在美国缅因州格兰特湖发生在第245天,前者比后者提前了65 d^[1-3]。陆封型大西洋鲑的变态(又称银毛化)发生在体重40~50 g时(水温14~16℃),变态完成后进入生长加速阶段。

2.3 食性

陆封型大西洋鲑养殖期间可完全摄食人工颗粒饲料。仔鱼阶段可用微颗粒饲料,投饵量为体重4%~5%,日投喂6~8次,饵料系数1.0。体重达到40~50 g、叉长15~18 cm的幼鱼可以摄食粒径3 mm颗粒料。饵料营养成分:粗蛋白42%、粗脂肪22%、碳水化合物18.5%、粗纤维1.8%、粗灰分7%,投饵量为1%~2%,日投喂为2次,饵料系数1.3。这个时期观察到饲料在胃中4~5 h被消化,24 h后胃全部排空。体重500 g以上,投饵量为投饵基数(基数按鱼的总体重1%计算)的75%,饵料系数1.3~1.5。实验结果大西洋鲑对蛋白质的消化吸收能力强,特别是动物性蛋白质的消化率高达81%以上,对脂肪消化吸收率达80%。

2.4 繁殖与产后亲鱼的成活率

陆封型大西洋鲑在人工养殖条件达到性成熟需11 783度日(930 d)。性成熟最小叉长36 cm,体重为650 g。统计150尾成熟亲鱼,雌性成熟系数平均为40.75%,雄性平均为4.23%。

统计980尾性成熟雌鱼的产卵率可以达98%以上,产卵量为106万粒,卵径5.3~5.5 mm。精子数量200亿/mL。人工受精率75%~92%(雌雄比为2:1),孵化率67%~84%。叉长36~55 cm个体的绝对怀卵量为1 098~3 621粒,平均怀卵量为2 357粒;相对怀卵量为1 754~1 977粒/kg体重,平均1 885粒/kg体重(见表2)。其繁殖力 E (粒)与叉长 L (cm)的相关公式为 $E = 132.5L - 3671.6$,相关系数 $r = 0.89$ ^[1,7]。

对1 004尾雌鱼和720尾雄鱼繁殖后成活率的统计,雌鱼为24%,雄鱼仅为10%。

表2 陆封型大西洋鲑叉长和繁殖力的关系(3龄亲鱼)

Table 2 Relationship between fork length and fecundity of landlocked Atlantic salmon (3-year-old)

叉长/cm Fork length	绝对繁殖力/粒 Absolute fecundity/ind		相对繁殖力/粒·kg ⁻¹ Opposite fecundity/(granules·kg ⁻¹)		样本数/尾 Sample numbers/ind
	变幅 Range	平均 Mean	变幅 Range	平均 Mean	
35 - 40	1098 - 1628	1362	1830 - 1978	1918	30
41 - 45	1761 - 2291	2026	1956 - 1988	1977	44
46 - 50	2423 - 2953	2688	1840 - 1938	1891	30
51 - 55	3086 - 3621	3352	1696 - 1812	1754	45
36 - 55	1098 - 3621	2357	1696 - 1988	1885	149

2.5 生态学要求

依据3年统计在人工养殖条件下的陆封型大西洋鲑生

长发育水温范围为3.8~19.3℃,最佳生长水温为12~16℃,观察中发现该种可以忍耐高达20~22℃水温约60 d,养

殖期间溶解氧保持在 6 mg/L 以上,流量保持在 5~10 L/s, pH 7~7.5。在水温 16~18 ℃时测定的 2 龄鱼耗氧率为 200 mL/(g·h),3 龄鱼耗氧率为 180 mL/(g·h),4 龄鱼为 160

mL/(g·h)^[5,8]。不同水温条件下 10 月龄的苗种生长情况见表 3。两实验点的生长有明显差异。

表 3 陆封型大西洋鲑苗种生长和水温的关系(10 月龄)

Table 3 Relationship between growth and water temperature of landlocked Atlantic salmon (10-month-old)

	测定指标 Observed item	月份 Month									
		3 Mar.	4 Apr.	5 May	6 Jun.	7 Jul.	8 Aug.	9 Sep.	10 Oct.	11 Nov.	12 Dec.
北京房山 Fangshan of Beijing	水温/℃ Water temperature	6.7	14.1	17.8	18.8	18.9	19.3	17.0	12.9	10.2	9.4
	全长/mm Total length	24	28	39	43	55	105	116	155	152	160
	体重/g Body weight	0.2	0.3	1.5	3.1	5.5	15	21	31	37	53
黑龙江渤海 Bohai station of Heilongjiang Salmon	水温/℃ Water temperature	3.8	7.4	9.9	12.7	14.6	15.9	14.9	12.2	8.7	5.4
	全长/mm Total length	17	23	29	35	48	68	79	98	100	103
	体重/g Body weight	0.1	0.2	0.4	1.2	2.0	4.0	7.0	11	18	22

3 讨论

3.1 生长特点和变态

变态是海洋洄游性鲑鱼类生命过程中重要阶段。我们观察陆封型大西洋鲑也具有这种特性。鲑鱼类的变态在英文中称为银毛化,是指幼鲑体侧的纵纹和斑点消失,体色变为银白色,这个阶段生理发生重大变化,死亡率很高。在自然条件下,这种变态是随着日照的增加和水温的上升逐渐完成^[1],其变态期长短与水温密切相关,在格兰特湖,水温 10~12 ℃,体重达到 25~30 g 时完成变态;而在人工养殖条件下,水温 14~16 ℃,体重达到 40~50 g 时完成变态。变态是大西洋鲑的一个重要生理调整阶段,银毛化后洄游型种类开始降海,并进入快速生长阶段。引进的陆封种也具此特性,因此,在人工养殖时,必须保证该阶段的顺利完成。

3.2 亲鱼培育条件

冷水性鱼类亲鱼培育的水温 4~13 ℃,产卵前 6 个月水温不得超过 12 ℃,在此温度下培育可获得优质卵。房山亲鱼培育水温 3~24 ℃,20~22 ℃水温可持续 60 d。获得成熟精卵。通过采取减少光照强度和光照时间,增加水流量等措施,获得成熟精子和卵子,这一生理特性,为选育耐较高温度大西洋鲑品种提供科学依据。

致谢:北京房山鲑鱼繁育技术工程中心的刘成刚、杨化杰、刘丽、秦文启等在本实验期间作了大量工作,沈俊宝研究员对本文进行了精心审阅及修改,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] Stephen, Drummond, Sedgwick. Salmon farming handbook[M]. London: Fishing News Books Ltd. 1988. 46-55, 78-88.
- [2] Shearer W M. The Atlantic salmon[M]. New York: Halsied Press, 1992;40-41.
- [3] Beg A, Danielsberg A and Aeland A. The effect of different tank size on postsmolt Atlantic salmon(*Salmo salar*) in land-based fish [A]. Fish Farming Technology[M]. 1993. 307-311.
- [4] Crisp D T. Trout and Salmon: Ecology, Conservation and Rehabilitation[M]. Oxford: Blackwell Science Ltd. 2000. 1-61.
- [5] 易伯鲁. 鱼类生态学[M]. 武汉:华中农学院出版社,1982, 128-134, 150-166.
- [6] 赵维信. 大西洋鲑性腺分化及热休克的影响[J]. 水产学杂志, 1994, 7(2): 1-5.
- [7] 夏重志, 陈金平. 大西洋鲑的生态学资料[J]. 水产学杂志, 1998, 11(2): 61-65.
- [8] 夏重志, 陈金平. 鲑鱼类养殖史料[J]. 水产学杂志, 1998, 11(1): 73-76.

Biological characters of landlocked Atlantic salmon *Salmo salar* in artificial culture

LU Jiu-shao¹, LI Yong-fa¹, XIA Zhong-zhi¹, WU Wen-hua¹, WANG Bin², XIA Yong-tao²

(1. Heilongjiang River Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China; 2. The Center for Strugeon Breeding and Technological Engineering, Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 102411, China)

Abstract: The eyed eggs of Atlantic salmon *Salmo salar* were introduced from the Grant Lake of America in March 2000. Two culture basements were used for the aquaculture. The water temperature in Bohai spot was 0 – 18 °C and in rural Beijing was 1.85 – 22.37 °C. The culture period was three years. Three groups of data from the salmon were divided in fork length after three years culture in the two culture spots, which were 3 cm (1-year-old), 27.4 cm (2-year-old) and 43.3 cm (three-year-old). The results show that during three years of age the landlocked salmon followed the equation $W = 0.013 1L^{2.994 9}$ ($r = 0.893 3$), where W referred to body weight and L fork length, and during two years of age the equation was $W = 0.013 6L^{2.939 4}$ ($r = 0.893 4$). The landlocked salmon can be completely fed with artificial diets during the culture and the mature age in the fresh water culture is three years old (11 783 °C · d) that in 980 individual female adults, the spawning rate was over 98% and the opposite fecundity of individual female was 1885 /kg body weight. The sperm density of mature male was 2×10^{11} /mL. The ratio of female to male was 2:1 during the artificial fertilization and the fertilized rate was 75% – 92%.

Key words: landlock; *Salmo salar*; biological characters