

黑龙江鲤、德国镜鲤选育系与荷包红鲤抗寒品系生长及越冬体重损失的初步研究

胡雪松^{1,2}, 李池陶¹, 徐伟¹, 曹顶臣¹, 贾智英¹, 石连玉^{1*}

(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. 中山大学水生经济动物研究所暨广东省水生经济动物良种繁育重点实验室, 广东 广州 510275)

摘要: 利用电子标记跟踪同期孵化、同池饲养的黑龙江鲤(YL)、德国镜鲤选育系(JL)及荷包红鲤抗寒品系(HL)的生长过程。在135 d(越冬前)、325 d(越冬后)、385 d及445 d测定相关生长性状,评估3种鲤生长性能,并探讨越冬体重损失同越冬前体重的关系及其对越冬后生长的影响。结果显示,JL的特定增重率仅在1~135 d显著高于YL和HL($P < 0.05$);YL体长的特定增长率在1~135 d和325~385 d显著高于JL和HL($P < 0.05$);3种鲤品种内个体间生长差异较大,体重的变异系数在各测定时段均超过20%;在445 d时,3种鲤的性腺重和性腺成熟系数均为雄性显著高于雌性($P < 0.05$),但同一品种(系)雌鱼和雄鱼在各测定时段的生长无明显差别。越冬体重损失率与越冬前体重呈显著的正相关($P < 0.01$),但越冬前相同体重范围个体的越冬体重损失率存在一定差别,可细分为低体重损失(LWL)和高体重损失(HWL)两个群体;LWL群体的越冬前体重显著低于HWL群体($P < 0.05$),但在越冬后各测定时段的体重均显著高于HWL群体($P < 0.05$),LWL群体体长在各测定时段均显著高于HWL群体($P < 0.05$);越冬体重损失率同325~385 d及385~445 d的特定增重率无明显相关,但与385 d及445 d的体重呈显著的负相关($P < 0.01$)。以上结果表明,JL(体重)和YL(体长)的生长优势主要表现在早期(1龄);3种鲤的生长性能均具有较大的选育空间,但同一品种(系)雌雄个体在445 d前的生长无明显差别;越冬体重损失不影响后期的生长速度,而通过决定越冬结束时的体重来影响生长。

关键词: 黑龙江鲤;德国镜鲤选育系;荷包红鲤抗寒品系;生长性能;越冬体重损失

中图分类号: Q 178.1; S 917

文献标识码: A

黑龙江鲤(*Cyprinus carpio haematopirus*)、荷包红鲤抗寒品系和德国镜鲤选育系是我国北方几个重要的鲤育种素材,曾作为罗普莎鲤^[1]、松浦鲤^[2]、高寒鲤^[3]及正在选育的易捕鲤^[4]等品种的亲本。3个品种(系)在生长性状上的表现差别较大,德国镜鲤选育系的生长速度较快,而黑龙江鲤和荷包红鲤抗寒品系生长速度相对较慢^[1]。深入了解这些品种(系)的遗传差异,对提高品种(系)本身的商业价值和鲤新品种(系)的选育均具有重要意义。

我国学者^[5-6]曾对黑龙江鲤的饲养成活率、越冬成活率、繁殖力等经济性性状作过细致研究,对德国镜鲤选育系^[7]及荷包红鲤抗寒品系的主要经济性性状也进行过相关描述^[8]。但受标记技术和越冬因素等影响,对这些鲤品种(系)的生长性能还缺乏系统的评估,有关鲤在越冬期的体重损失对后期生长性能影响的研究,国内外均未见相关报道。本研究以3个品种(系)的亲鱼同期孵化的子代群体为研究对象,利用电子标记跟踪子代个体的生长过程,

收稿日期:2010-04-21 修回日期:2010-06-03

资助项目:国家科技支撑计划(2006BAD01A1204);现代农业产业技术体系建设专项(NYCYTX-49-05);黑龙江水产研究所基本科研专项(2008HSYZX-SJ-09)

通讯作者:石连玉, Tel:0451-84861319, E-mail: sly2552@yahoo.com.cn

对其在 1 龄、越冬期及 2 夏龄的生长性能进行比较分析,并考察越冬体重损失同越冬前体重的关系及其对越冬后生长性能的影响,旨在评价不同鲤品种(系)的生长性能,为生产和育种实践提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 亲鱼选择及催产孵育

实验亲鱼来自于黑龙江水产研究所松浦实验站,包括黑龙江鲤(YL)雌鱼 21 尾、雄鱼 48 尾,德国镜鲤(JL)雌鱼 34 尾、雄鱼 23 尾及荷包红鲤(HL)雌鱼 15 尾、雄鱼 22 尾。实验鱼在孵化室网箱暂养 2 d 后,于 2007 年 5 月 30 日,利用林-彼方法^[9]进行人工催产,于相同条件下进行人工授精并孵化。

1.2 子代个体同步养殖及标记

2007 年 6 月 2 日,子代鱼苗出齐后,在水族箱(80 cm × 45 cm × 50 cm)暂养 3 d,转入网箱(150 cm × 80 cm × 60 cm)暂养 4 d,随后对 3 个品种(系)各随机选 1 000 尾转入池塘(80 m × 25 m × 2 m),采用饱食投喂进行同步同环境养殖。于 2007 年 10 月 10 日,从每品种(系)中各随机选 600 尾个体,利用肌肉埋植法对所有样本进行 PIT (Trovan ID 100A,英国)标记,同时测定 135 d(越冬前)体重、体长性状。对埋植部位消毒后,观察 5 d,未发现死亡个体。于 2007 年 10 月 15 日,将上述样本在越冬池(100 m × 40 m × 2.5 m)以相同密度进行网箱(3 m × 3 m × 1.5 m)越冬,越冬期间水体含氧量不低于 4 mg/L。2008 年春季出池时,在各品种(系)中随机选 300 尾进行 2 龄鱼养殖,于 325 d(越冬后)、385 d、445 d 对所有实验鱼进行标记识别,同时测量体重、体长性状,最后一次测定后取性腺称重(GW)并鉴定性别,去内脏称净重(NW)。用于实验分析的样本为 445 d 时成活的个体,样本数分别为 YL:291 尾;JL:239 尾;HL:278 尾。

1.3 数据处理

实验相关参数的计算公式:

$$\text{绝对增重率 } \text{AGR}_w (\text{g/d}) = (W_2 - W_0) / (t_2 - t_0)$$

$$\text{绝对体长增长率 } \text{AGR}_L (\text{cm/d}) = (L_2 - L_0) / (t_2 - t_0)$$

$$\text{特定增重率 } \text{SGR}_w (\%/d) = (\text{Ln}W_2 -$$

$$\text{Ln}W_1) / (t_2 - t_1) \times 100$$

$$\text{特定体长增长率 } \text{SGR}_L (\%/d) = (\text{Ln}L_2 - \text{Ln}L_1) / (t_2 - t_1) \times 100$$

$$\text{越冬体重损失率 } \text{WLR} (\%) = (W_{325} - W_{135}) / W_{135} \times 100$$

$$\text{性腺成熟系数 } \text{MC} = \text{性腺重} (\text{GW}) / \text{净重} (\text{NW})$$

$$\text{变异系数 } \text{CV} (\%) = S / X \times 100$$

式中, $t_2 - t_0$ 为养殖天数, W_0 为初始体重 0.001 g, L_0 为初始体长 1 cm, t_0 为初始养殖时间 1 d; W_2 和 W_1 分别为 t_2 和 t_1 时的体重(g); L_2 和 L_1 分别为 t_2 和 t_1 时的体长(cm); W_{325} 和 W_{135} 分别为越冬后和越冬前的体重; S 为标准差, X 为平均值。性腺成熟系数参照陈新军^[10]提供的方法计算;越冬体重损失率(WLR)参照 Bauer 等^[11]提供的方法计算。

利用 EXCEL 2003、SPSS 13.0 和 ORIGIN 8.0 软件进行数据处理和分析,以平均值 ± 标准误(mean ± SD)表示, $P < 0.05$ 作为显著性判别标准。

2 结果

2.1 鲤在不同测定时段的生长性能

3 种鲤在不同日龄的体重和体长指标如图 1。从图 1-A 可见,仅在越冬后(325 d),YL 和 HL 的体重差异不显著($P > 0.05$),在其它测定时段的体重均表现为 JL > YL > HL($P < 0.05$);由图 1-B 可知,在 135 d 和 325 d 时,体长为 YL 和 JL 显著高于 HL($P < 0.05$),但 YL 和 JL 之间差异不显著($P > 0.05$);在 385 d 和 445 d 时,体长均表现为 YL > JL > HL($P < 0.05$)。

3 种鲤在不同测定时段的绝对增重率(AGR_w)、特定增重率(SGR_w)、绝对体长增长率(AGR_L)及特定体长增长率(SGR_L)见表 1 和表 2。由表 1 可见,各品种(系)的 AGR_w 在 325 d(越冬后)下降,但在 385 d 和 445 d 呈明显的上升趋势,其中 JL 在各个测定时段的 AGR_w 均显著高于 YL 和 HL($P < 0.05$);各品种(系)的 SGR_w 在越冬期间(135 ~ 325 d)呈负增长,在其它时段逐渐下降,JL 的 SGR_w 在 1 ~ 135 d 显著高于 YL 和 HL($P < 0.05$)。YL 在越冬后的 2 个月生长显著高于 JL 和 HL($P < 0.05$),而 HL 在 385 ~ 445 d 期间的生长显著高于 JL 和 YL($P < 0.05$)。各品种雌雄鱼之间的 AGR_w 和 SGR_w 均无显著差异($P > 0.05$)。

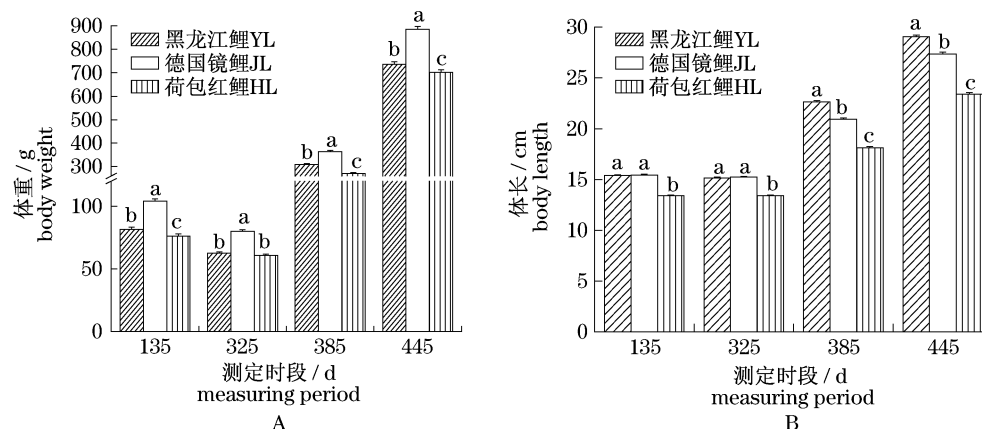


图1 子代群体在不同测定时段的体重(A)和体长(B)

字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Fig. 1 Body weight (A) and body length (B) of offspring populations in each detected period

Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

表1 子代群体在不同测定时段的绝对增重率和特定增重率

Tab. 1 Absolute growth rate and special growth rate for body weight of offspring populations in each detected period

群体 population	绝对增重率 (AGR _w)				特定增重率 (SGR _w)			
	absolute growth rate for body weight				special growth rate for body weight			
	135 d	325 d	385 d	445 d	135 d	325 d	385 d	445 d
YL (♀)	0.608 ± 0.017 ^b	0.194 ± 0.005 ^b	0.805 ± 0.017 ^c	1.692 ± 0.032 ^b	8.349 ± 0.018 ^c	-0.138 ± 0.006 ^b	2.672 ± 0.024 ^a	1.499 ± 0.019 ^b
YL (♂)	0.599 ± 0.018 ^b	0.191 ± 0.005 ^b	0.795 ± 0.018 ^{bc}	1.610 ± 0.035 ^{bc}	8.336 ± 0.020 ^{bc}	-0.135 ± 0.007 ^b	2.684 ± 0.026 ^a	1.417 ± 0.021 ^b
JL (♀)	0.751 ± 0.019 ^a	0.239 ± 0.005 ^a	0.929 ± 0.019 ^a	1.953 ± 0.036 ^a	8.506 ± 0.020 ^a	-0.134 ± 0.007 ^b	2.536 ± 0.027 ^b	1.484 ± 0.021 ^b
JL (♂)	0.792 ± 0.020 ^a	0.254 ± 0.005 ^a	0.962 ± 0.020 ^a	2.029 ± 0.038 ^a	8.540 ± 0.021 ^a	-0.131 ± 0.007 ^b	2.510 ± 0.028 ^b	1.491 ± 0.023 ^b
HL (♀)	0.556 ± 0.018 ^c	0.189 ± 0.005 ^b	0.714 ± 0.017 ^{bd}	1.589 ± 0.034 ^c	8.281 ± 0.019 ^d	-0.103 ± 0.007 ^a	2.503 ± 0.025 ^b	1.590 ± 0.020 ^a
HL (♂)	0.571 ± 0.018 ^{bc}	0.185 ± 0.005 ^b	0.689 ± 0.018 ^d	1.565 ± 0.035 ^c	8.294 ± 0.019 ^{bd}	-0.122 ± 0.007 ^{ab}	2.486 ± 0.026 ^b	1.616 ± 0.021 ^a

注:同列标示的字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Values with different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

由表2可见, YL和JL在135 d和325 d时的AGR_L显著高于HL($P < 0.05$),但YL和JL二者差异不显著($P > 0.05$)。在385 d和445 d, YL的AGR_L显著高于JL和HL($P < 0.05$)。从体长的瞬

时增长来看,黑龙江鲤在1~135 d及325~385 d的SGR_L均显著高于JL和HL($P < 0.05$)。同体重参数一样,各品种(系)的雌雄鱼间的AGR_L和SGR_L在各测定时段均无显著差异($P > 0.05$)。

表2 子代群体在不同测定时段的绝对体长增长率和特定体长增长率

Tab. 2 Absolute growth rate and special growth rate for body length of offspring populations in each detected period

群体 population	绝对体长增长率 (AGR _L)				特定体长增长率 (SGR _L)			
	absolute growth rate for body length				special growth rate for body length			
	135 d	325 d	385 d	445 d	135 d	325 d	385 d	445 d
YL (♀)	0.107 ± 0.001 ^a	0.044 ± 0.000 ^a	0.056 ± 0.000 ^a	0.063 ± 0.000 ^a	2.022 ± 0.005 ^a	-0.008 ± 0.001 ^b	0.671 ± 0.009 ^a	0.423 ± 0.006 ^b
YL (♂)	0.107 ± 0.001 ^a	0.043 ± 0.000 ^a	0.056 ± 0.000 ^a	0.063 ± 0.000 ^a	2.022 ± 0.006 ^a	-0.009 ± 0.001 ^b	0.672 ± 0.010 ^a	0.412 ± 0.007 ^b
JL (♀)	0.106 ± 0.001 ^a	0.043 ± 0.000 ^a	0.051 ± 0.000 ^b	0.059 ± 0.001 ^b	2.016 ± 0.006 ^b	-0.007 ± 0.001 ^b	0.534 ± 0.010 ^b	0.457 ± 0.007 ^a
JL (♂)	0.108 ± 0.001 ^a	0.044 ± 0.000 ^a	0.052 ± 0.000 ^b	0.059 ± 0.001 ^b	2.012 ± 0.007 ^b	-0.007 ± 0.001 ^b	0.520 ± 0.011 ^{bc}	0.435 ± 0.008 ^{ab}
HL (♀)	0.092 ± 0.001 ^b	0.038 ± 0.000 ^b	0.045 ± 0.000 ^c	0.051 ± 0.000 ^c	1.924 ± 0.006 ^b	-0.002 ± 0.001 ^a	0.508 ± 0.010 ^{bc}	0.423 ± 0.007 ^b
HL (♂)	0.091 ± 0.001 ^b	0.038 ± 0.000 ^b	0.044 ± 0.000 ^c	0.050 ± 0.000 ^c	1.915 ± 0.006 ^b	0.001 ± 0.001 ^a	0.488 ± 0.010 ^c	0.429 ± 0.007 ^b

注:同列标示的字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Values with different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

各品种(系)子代个体在 445 d 时的性腺重(GW)、性腺成熟系数(MC)、净重(NW)及体重的变异系数(CV)见表 3。由表 3 可见,3 种鲤的 GW

和 MC 均为雄性显著高于雌性($P < 0.05$);NW 为 JL 显著高于 YL 和 HL($P < 0.05$);CV 整体呈下降的趋势,但在各测定时段,CV 均大于 20%。

表 3 子代群体在 445 d 时的性腺重、性腺成熟系数、净重及不同测定时段的体重变异系数
Tab.3 Gonadal weight, mature coefficient of gonad, net weight on 445 d and coefficient of variability for body weight in each detected period

群体 population	性腺重 gonad weight	性腺成熟系数 mature coefficient of gonad	净重 net weight	体重变异系数 coefficient of variability for body weight			
				135 d	325 d	385 d	445 d
YL(♀)	3.479 ± 0.761 ^b	0.512 ± 0.125 ^c	658.241 ± 12.139 ^b	29.900	30.255	25.684	20.455
YL(♂)	17.049 ± 0.836 ^a	2.828 ± 0.137 ^a	630.633 ± 13.322 ^{bc}	32.536	28.838	22.581	22.264
JL(♀)	4.483 ± 0.852 ^b	0.586 ± 0.140 ^c	762.876 ± 13.582 ^a	30.569	25.720	26.410	24.969
JL(♂)	16.024 ± 0.903 ^a	2.085 ± 0.148 ^b	783.897 ± 14.399 ^a	33.332	21.675	26.617	25.136
HL(♀)	2.772 ± 0.806 ^b	0.461 ± 0.132 ^c	619.869 ± 12.845 ^{bc}	32.696	31.523	26.108	22.153
HL(♂)	14.504 ± 0.823 ^a	2.649 ± 0.135 ^a	593.858 ± 13.125 ^c	37.270	29.447	25.274	24.701

注:同列标示的字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Values with different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

2.2 鲤越冬体重损失率同越冬前体重的关系

1 龄鲤的越冬体重损失率(WLR)同越冬前体重(BW135)的相关分析见表 4 和图 2(A、B、C)。由表 4 可见,3 种鲤 WLR 和 BW135 呈显著的正相关($P < 0.01$)。WLR 和 BW135 的散点图分析显示(图 2),3 种鲤的 WLR 与 BW135 并非线性相关,但散点分布在 3 种鲤中呈现相同的规律,均分为两组越冬体重损失率差异较大的群体。进一步分析发现,品种内两组集中的散点主要分布在越冬体重损失率为 25% ± 5% 的两侧。

2.3 鲤不同体重损失越冬群体的细分及性别分布

根据越冬前体重(BW135)和越冬体重损失率(WLR)的数据分布(图 2)进行个体筛选和群体细分。在确定 3 个子代群体的 BW135 数据均符合正态分布后,从各品种(系)中分别筛选出 BW135 范围符合平均值 ± 标准差(mean ± SD)的个体[YL:209 尾,(81.49 ± 25.31)g;JL:182 尾,(103.99 ± 33.3)g;HL:212 尾,(76.07 ± 26.65)g];以越冬体重损失率(WLR)低于或高于 25%

表 4 鲤越冬体重损失率同越冬前体重的相关系数

Tab.4 Correlation coefficients between overwintering weight loss rate and body weight before overwintering in the carps

	相关系数 correlation coefficient		
	YL(BW135)	JL(BW135)	HL(BW135)
越冬体重 损失率(WLR)	0.384 **	0.484 **	0.473 **

注:**表示显著相关($P < 0.01$)。

Notes:** indicates significant correlation ($P < 0.01$).

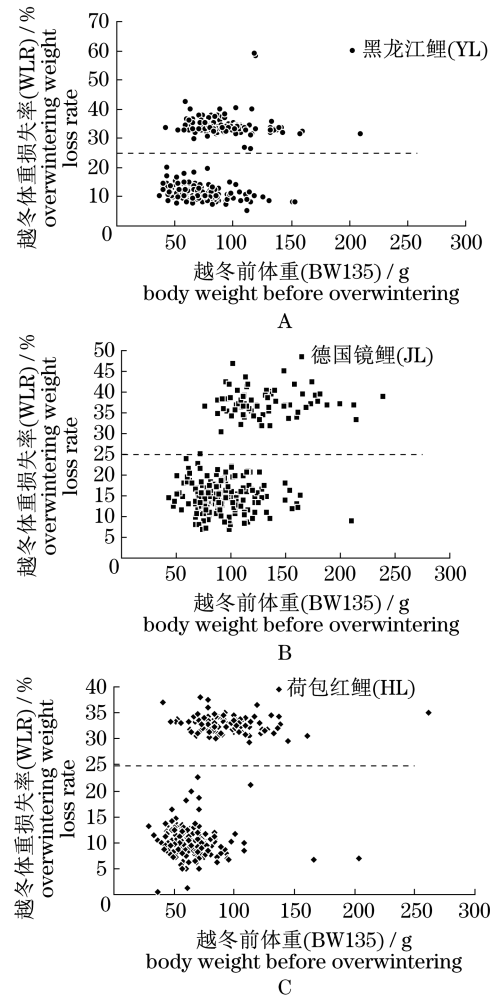


图 2 鲤越冬体重损失率和越冬前体重的相关分析
(A: YL, B: JL, C: HL)

Fig.2 Correlation analysis between overwintering weight loss rate and body weight before overwintering of YL (A), JL (B) and HL (C)

为标准,将筛选出的个体细分为低体重损失(LWL)和高体重损失(HWL)2个群体。
3个品种(系)鲤 LWL 和 HWL 群体的性别

分布见表5。卡方检验表明,3种鲤的 LWL 和 HWL 群体间均无明显的性别分布差异($P > 0.05$)。

表5 鲤低体重损失和高体重损失越冬群体的性别分布

Tab.5 Sex distribution of the overwintering populations for low weight loss and high weight loss

群体 population	个体数 number		χ^2	个体数 number		χ^2	个体数 number		χ^2
	YL ♀	YL ♂		JL ♀	JL ♂		HL ♀	HL ♂	
LWL	56	57	0.664	71	30	0.318	80	30	2.897
HWL	53	43	($P=0.415$)	60	21	($P=0.573$)	63	39	($P=0.089$)

2.4 鲤不同体重损失越冬群体的生长性能

3种鲤的 LWL 和 HWL 群体在不同测定时段的体重和体长指标见表6。由表6可见,3种鲤越冬前(135 d)体重均为 LWL 群体显著低于

HWL 群体($P < 0.05$),但越冬后(325 d)、385 d 及 445 d 体重均为 LWL 群体显著高于 HWL 群体($P < 0.05$);3种鲤在各测定时段的体长均为 LWL 群体显著高于 HWL 群体($P < 0.05$)。

表6 鲤低体重损失和高体重损失越冬群体在各测定时段的体重和体长

Tab.6 Body weight and body length of the overwintering populations for low weight loss and high weight loss in each detected period

测定时段 measuring period	群体 population	体重 body weight			体长 body length		
		YL	JL	HL	YL	JL	HL
135 d	LWL	73.363 ± 1.185 ^b	94.673 ± 1.498 ^b	67.577 ± 0.941 ^b	15.638 ± 0.863 ^a	15.575 ± 0.980 ^a	13.515 ± 0.775 ^a
	HWL	83.834 ± 1.280 ^a	112.390 ± 2.077 ^a	81.858 ± 1.531 ^a	14.910 ± 0.850 ^b	14.898 ± 0.120 ^b	13.029 ± 0.112 ^b
325 d	LWL	65.181 ± 1.101 ^a	81.103 ± 1.308 ^a	60.906 ± 0.889 ^a	15.376 ± 0.930 ^a	15.392 ± 0.963 ^a	13.479 ± 0.775 ^a
	HWL	55.162 ± 0.888 ^b	70.767 ± 1.458 ^b	54.870 ± 1.052 ^b	14.651 ± 0.824 ^b	14.687 ± 0.120 ^b	13.028 ± 0.112 ^b
385 d	LWL	321.417 ± 5.681 ^a	378.902 ± 6.871 ^a	274.891 ± 4.413 ^a	22.976 ± 0.141 ^a	21.150 ± 0.168 ^a	18.219 ± 0.148 ^a
	HWL	281.598 ± 4.697 ^b	324.839 ± 9.070 ^b	244.946 ± 6.812 ^b	21.993 ± 0.134 ^b	20.233 ± 0.270 ^b	17.618 ± 0.240 ^b
445 d	LWL	771.684 ± 13.284 ^a	923.050 ± 17.534 ^a	716.179 ± 10.338 ^a	29.450 ± 0.191 ^a	27.583 ± 0.220 ^a	23.627 ± 0.200 ^a
	HWL	683.325 ± 11.343 ^b	791.951 ± 23.716 ^b	648.906 ± 16.945 ^b	28.471 ± 0.162 ^b	26.638 ± 0.428 ^b	22.734 ± 0.327 ^b

注:同列标示的字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Values with different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

2.5 鲤越冬体重损失率同后期生长性能指标的相关分析

鲤越冬体重损失率(WLR)同后期生长性能的相关分析结果见表7。由表7可见,3种鲤的

表7 鲤越冬体重损失率同生长性能指标的相关系数

Tab.7 Correlation coefficients between overwintering weight loss rate and growth performance indexes in the carps

群体(越冬体重损失率) population (overwintering weight loss rate)	相关系数 correlation coefficient			
	SGR _{w385}	BW385	SGR _{w445}	BW445
YL(WLR)	0.094	-0.43 **	0.097	-0.377 **
JL(WLR)	-0.064	-0.364 **	0.097	-0.283 **
HL(WLR)	-0.054	-0.291 **	0.11	-0.254 **

注:**表示显著相关($P < 0.01$)。

Notes: ** indicates significant correlation ($P < 0.01$).

WLR 同 SGR_{w385}、SGR_{w445} 均无显著相关($P > 0.05$),但 WLR 和 BW385、BW445 存在显著的负相关($P < 0.01$)。

3 讨论

3.1 3种鲤的生长性能

黑龙江鲤、德国镜鲤选育系和荷包红鲤抗寒品系是我国北方现存的重要的鲤品种(系),由于过度捕捞和基因污染,黑龙江鲤的野生种已濒临灭绝,而对其重要性状遗传基础的研究仍十分有限。德国镜鲤和荷包红鲤在移植到我国北方之初抗寒能力较差,在同黑龙江鲤杂交后进一步选育出的德国镜鲤选育系和荷包红鲤抗寒品系成为优良的生产群体和育种素材^[1]。以往受标记技术的影响,对鲤生长性能的研究^[1,6,12]多集中于生长

期内某一时间段,且样本量受限,难以对越冬期的生长力进行准确评估。本实验利用的电子标记技术弥补了这些缺陷。就 3 个品种(系)整体生长性能而言,本研究的结果与以往报道的基本相似,即在 1 龄和 2 龄期间,德国镜鲤选育系的生长性能最为突出,而黑龙江鲤的生长略快于荷包红鲤抗寒品系^[1]。

鱼类存在“大鱼抑制小鱼生长”的现象,即同龄同种鱼在相同的环境下养殖,大鱼的生长会比小鱼更快^[13]。鲤的体长具有高度遗传力,体重具有中等强度的遗传力,而体长与体重呈明显相关^[14]。因此,鲤生长性状具备早期选择的基础。本研究结果显示,德国镜鲤选育系的体重和黑龙江鲤的体长在 1 龄前具有明显的生长优势,提示这两个品种的相应生长性状适合早期选育。越冬后 3 种鲤的体重性状已产生了一定差别,这可能是导致黑龙江鲤和荷包红鲤抗寒品系在 2 龄测定时段具有更高特定增重率的原因。

此外,本研究的 3 种鲤的品种内个体间存在明显的生长差异,在 4 个测定时段的体重变异系数均超过 20%。而从受精孵化开始,所有子代个体均为同步同池饲养,因此品种内的生长差异应主要为遗传差异,这说明 3 种鲤均存在较大的选育潜力。孙效文等^[15]利用黑龙江鲤和柏氏鲤的 F₂ 代群体构建了第一张鲤连锁图谱,并利用柏氏鲤/荷包红鲤抗寒品系的雌核发育群体及自交系群体进行鲤生长性状的 QTL (quantitative trait loci) 定位,发现了多个可能与体长或体重显著相关的微卫星分子标记^[16-19]。这些标记能否作为德国镜鲤选育系或黑龙江鲤生长性状的 QTLs 值得深入研究。

有研究显示,鲤雄性成熟比雌性早,我国南方的雄性鲤 1 龄就可达到性成熟,而雌性则需 2 龄方可达到性成熟^[20]。东北地区鲤性成熟年龄较晚,雄性一般为 2~3 龄,雌性为 3~4 龄^[1]。鲤的生长明显受到性腺发育的影响,在长江流域的水体中,2 龄雌性鲤的平均体重比雄性的高约 30%,2 龄兴国红鲤雌鱼比雄鱼体重高约 20%^[20]。佟雪红等^[21]对建鲤及建鲤与黄河鲤正反交子代的研究中发现,在 398 d 和 598 d 时,各子代群体的雌性个体绝对增重率和生长指标均显著高于雄性个体。本研究在 445 d 时检测到 3 种鲤子代群体的性腺重(GW)和性腺成熟系数(MC)均为雄鱼

显著高于雌鱼,而 3 种鲤在各测定时期的生长性能指标均不存在雌雄间的显著差异,据此可推测,对于我国北方性成熟较晚的鲤品种(系)来说,性别并非影响其 2 龄前生长的主要因素。

3.2 鲤的越冬损失率及其对后期生长性能的影响

我国东北漫长的冬季(近 200 d)寒冷环境对鱼类的生长影响很大,由于水温较低(1~5℃左右),池塘养殖的鱼类基本停止或很少摄食,体内在越冬前贮存的能量除一部分用于满足基础代谢需要外,还要用于抵御寒冷,易出现越冬体重损失。研究表明,鲤在越冬期白细胞呈下降趋势^[22],而越冬体重损失导致的鱼体消瘦会进一步加剧免疫机能的下降,降低其对寒冷环境的适应能力和对致病生物侵袭的抵抗能力,进而影响 2 龄鱼的健康养殖。因此,在解决了鲤越冬成活率的问题后,如何控制越冬体重损失是科研人员和养殖者需要思考的另一个重要问题。

本研究分析了 3 种鲤的越冬体重损失率同越冬前体重的关系,结果发现所有品种(系)鲤越冬体重损失率同越冬前体重呈显著的正相关,但越冬体重损失并不完全由越冬前体重的大小来决定。进一步分析显示,3 种鲤相同体重范围内的个体均呈现两个越冬体重损失差异较大的集中分布的群体。低体重损失群体在越冬结束后的体重显著高于高体重损失群体,且在后续的各测定时段的体重均显著高于高体重损失群体,暗示控制好越冬体重损失可缩短养殖周期,节约成本,进而提高经济效益。越冬体重损失率同越冬后的特定增重率无明显相关,但与不同测定时段的体重呈显著负相关,说明鲤的越冬体重损失并未影响后期的生长速度,而仅通过决定越冬结束时的体重来影响生长。另一点值得注意的是,低体重损失群体的体重在越冬前显著低于高体重损失群体,而体长则在越冬前后始终明显高于高体重损失群体,说明在越冬前选育时,体重不能作为选留的主要参考标准,但应尽量选择体长较长的个体加以保留。

本研究的实验鱼均为同塘、同密度网箱越冬,具有相同的越冬条件,因此不同个体越冬体重损失差异应归因于遗传背景的差异,目前尚未见此方面的相关报道。而本次研究的结果显示,性别并非越冬体重损失的影响因素,由此我们推测越

冬体重损失差异较大的个体间极可能存在某些与生长、饥饿或脂肪代谢通路相关的基因上的差别。不同基因型个体间可能在越冬前肌肉和脂肪比例就已存在较大差异,但不能排除其在越冬期脂肪、蛋白的损耗程度上存在差异的可能,而是否真实存在与越冬体重损失相关的基因仍须在分子水平作进一步研究。

综上所述,本研究利用电子标记技术对东北地区3种鲤在1龄、越冬期、2夏龄的生长过程进行连续跟踪。系统评估了3个鲤品种(系)在不同测定时段的生长性能,特别对鲤的越冬体重损失及其对生长的影响进行了初步探索。结论为德国镜鲤选育系(体重)和黑龙江鲤(体长)在1龄具有明显的生长优势,可进行早期选育;3种鲤的品种内个体间生长差异较大,具有进一步改良和选育空间,但雌雄个体间在445 d前的生长无明显差别;在越冬期,3种鲤越冬前相同体重范围内的个体可明显细分为越冬体重损失差异较大的两个群体。越冬体重损失仅影响越冬结束时的体重,而不影响越冬后的生长速度。在越冬前应选择体长较长、体重适中的个体加以保留,而不能单纯将体重作为越冬前的选择标准。

参考文献:

- [1] 沈俊宝,刘明华. 鲤鱼育种研究[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1999.
- [2] 沈俊宝,刘明华,白庆利,等. 鲤鱼当家品种的培育[J]. 黑龙江水产,1996(3):15-22.
- [3] 刘明华,沈俊宝. 选育中的高寒鲤[J]. 中国水产科学,1994,1(1):10-19.
- [4] 李迎宏,李池陶,杜海清,等. 易捕鲤 F_3 与亲本大头鲤一龄鱼种生长性能对比试验[J]. 黑龙江水产,2007(2):18-19,23.
- [5] 刘明华,沈俊宝,张铁齐. 黑龙江野鲤的主要经济性状及其遗传资源[J]. 水产学杂志,1993,6(1):9-18.
- [6] 刘明华,沈俊宝,张铁齐. 黑龙江野鲤、散鳞镜鲤良种选育技术[J]. 水产学报,1992,16(1):7-15.
- [7] 刘明华,白庆利,沈俊宝. 德国镜鲤选育及生产应用研究[J]. 黑龙江水产,1995(3):4-10.
- [8] 沈俊宝,刘明华. 荷包红鲤抗寒品系的筛选和培育[J]. 淡水渔业,1988(3):14-17.
- [9] 林浩然. 鱼类生理学[M]. 广州:广东高等教育出版社,2007.
- [10] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京:海洋出版社,2004.
- [11] Bauer C, Schlott G. Overwintering of farmed carp (*Cyprinus carpio* L.) in the ponds of a central European aquaculture facility-measurement of activity by radio telemetry[J]. Aquaculture,2004,241:301-317.
- [12] 张志华,王志运,郭维士,等. 鲤鱼当家品种的培育研究生长对照试验[J]. 黑龙江水产,1994(2):20-22.
- [13] 李思发,蔡正纬,陆伟民,等. 长江水系鲢鱼和珠江水系鲢鱼的生长差异[J]. 水产学报,1984,8(3):211-218.
- [14] 张建森,王楚松,潘光碧,等. 鲤鱼主要数量性状遗传力的研究[J]. 淡水渔业,1981,2:44-46.
- [15] 孙效文,梁利群. 鲤鱼的遗传连锁图谱(初报)[J]. 中国水产科学,2000,7(1):1-5.
- [16] 张研,梁利群,常玉梅,等. 鲤鱼体长性状的 QTL 定位及其遗传效应分析[J]. 遗传,2007,29(10):1243-1248.
- [17] 刘继红,张研,常玉梅,等. 鲤鱼(*Cyprinus carpio* L.)体重和体长 QTL 的定位[J]. 广东海洋大学学报,2009,29(4):19-25.
- [18] 顾颖,曹顶臣,张研,等. 鲤鱼与生长性状相关的 EST-SSRs 标记筛选[J]. 中国水产科学,2009,16(1):15-22.
- [19] 徐美佳,张研,鲁翠云,等. 利用 EST-SSR 座位对鲤鱼几种生长性状的单标记回归分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2009,35(2):155-157.
- [20] 桂建芳. 鱼类性别和生殖的遗传基础及其人工控制[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [21] 佟雪红,袁新华,董在杰,等. 建鲤自交及与黄河鲤正反杂交子代的生长比较和通径分析[J]. 水产学报,2008,32(2):182-189.
- [22] 张玉生,陈守义,李文武,等. 种鲤越冬期血液学指标的变化[J]. 兽医大学学报,1993,13(1):58-61.

The preliminary study on growth performance and overwintering weight loss of Heilongjiang carp, selective line of German mirror carp and the cold-resistant line of Hebao red carp

HU Xue-song^{1,2}, LI Chi-tao¹, XU Wei¹, CAO Ding-chen¹, JIA Zhi-ying¹, SHI Lian-yu^{1*}

(1. Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China;

2. Institute of Aquatic Economic Animals and Guangdong Provincial Key Laboratory for Aquatic Economic Animals, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: In the present study, the growth performance and the effects of overwintering weight loss on the growth of Heilongjiang carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) (YL), selective line of German mirror carp (*Cyprinus carpio* L. *mirror*) (JL) and cold-resistance line of Hebao red carp (*Cyprinus carpio* var. *wuyuanensis*) (HL) are evaluated by using passive integrated transponders (PIT) technique. The offspring populations of YL, JL and HL were generated at the same hatching time and under the same rearing conditions, PIT tags were implanted in the muscle of all experimental individuals on 135 d (day). Afterwards, the related growth indexes were measured on 135 d (before overwintering), 325 d (after overwintering), 385 d and 445 d, respectively. The results demonstrated that the special growth rate for body weight of JL was significantly greater than that of YL and HL only during 1–135 d ($P < 0.05$), while YL had faster special growth rate for body length than that of JL and HL not only during 1–135, but 325–385 d ($P < 0.05$). The coefficients of variability for body weight in each breed (line) exceeded 20% in each detected period indicating there was a large variation of body weight between individuals within the same breed (line). For each population examined, though male fishes had greater gonad weight and mature coefficient of gonad than female fishes on 445 d ($P < 0.05$), significant difference of growth rate between male and female was not observed during the whole experiment. In addition, there was significant positive correlation between overwintering weight loss rate and body weight before overwintering in three carp breeds ($P < 0.01$). Interestingly, overwintering weight loss rate between individuals with the same body weight scale in each carp breeds (lines) varied greatly, and these individuals could be subdivided into 2 populations with low weight loss (LWL) and high weight loss (HWL). The body weight of the LWL population was significantly lower than that of the HWL population on 135 d ($P < 0.05$), while the LWL population had higher body weight on 325 d, 385 d and 445 d than the HWL population ($P < 0.05$). For body length performance, the LWL population was higher than that of the HWL population in each detected period ($P < 0.05$). The overwintering weight loss rate had no correlation with the special growth rate for body weight during 325–385 d and 385–445 d, but had significantly negative correlation with the body weight on 385 d and 445 d ($P < 0.01$).

Key words: Helongjiang carp; selective line of German mirror carp; cold-resistant line of Hebao red carp; growth performance; overwintering weight loss

Corresponding author: SHI Lian-yu. E-mail: sly2552@yahoo.com.cn