

doi: 10.7541/2013.86

## 黄河鲤越冬前后的生长特点分析

张成锋<sup>1,2</sup> 苏胜彦<sup>1,2</sup> 朱健<sup>1,2</sup> 朱文彬<sup>1,2</sup> 董在杰<sup>1,2,3</sup>

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业部淡水渔业与种质资源利用重点实验室, 无锡 214081;  
2. 南京农业大学无锡渔业学院, 无锡 214081; 3. 南京农业大学动物科技学院, 南京 210095)

**摘要:** 黄河鲤是我国优良的地方品种, 为了对其继续选育, 以黄河鲤为研究对象, 在越冬前后各测量一次数据, 观察其生长发育特点, 并通过统计学手段研究其发育规律。结果显示: 体重、体长、体厚、体高 4 个指标在生长的第二阶段均比第一阶段显著提高, 其中体重幅度较大, 体厚增长较小; 体长和体高的比例没有发生变化, 体长和体厚比显著降低; 3 维图显示第 2 阶段明显迁移, 第二阶段图形的集中度高。经过体重的标准化后, 2 阶段 3 个指标的三维图发生了逆转。这些结果说明, 黄河鲤经过一段时间的生长, 主要生长指标均有提高, 3 个指标 3D 图趋向整齐, 并发现这些体型的变化主要由于体重引起, 更值得一提的是经过这个阶段的增重体长和体厚的比值显著降低, 说明黄河鲤的体型偏向于宽度的增加。研究还通过建立多元逐步回归方程和聚类图来说明 2 个生长阶段体重和 3 个体型指标的关系, 再次验证了 2 阶段体重在 3 个体型指标中的重要影响和体型偏向于宽度增长的结论。

**关键词:** 黄河鲤; 越冬; 生长性能; 体型指标; 三维图

**中图分类号:** S965.116 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2013)04-0722-06

黄河鲤(*Cyprinus carpio haematopterus*)是我国四大淡水名鱼之一, 近年来对其进行种质开发的相关研究日益增多。河南省水产科学研究院在黄河河道野生黄河鲤的基础上, 经过 20 余年培育, 形成生长速度快、抗病力强、出肉率高的“豫选黄河鲤”新品种。这对黄河鲤的保护、开发和利用起到了重要的作用。与此同时, 关建义等通过简单重复序列区间 (Inter-simple sequence repeat, ISSR) 方法研究了野生和人工选育黄河鲤遗传多样性<sup>[1]</sup>。苏胜彦等<sup>[2]</sup>通过微卫星标记研究了黄河鲤与建鲤纯繁和杂交的多态性和相关性分析, 并检测到了与体质量相关的微卫星标记。除了黄河鲤的分子遗传学研究外, 黄河鲤生长性能以及作为杂交改良利用的亲本也做了相关报道。苏胜彦等<sup>[3]</sup>检测了包括黄河鲤在内的 3×3 完全双列杂交后代生长性状的灰色关联分析, 方差组份剖分以及复合杂交预测, 证明黄河鲤是一

个很有育种价值的优良品种。

越冬是鱼类养殖和育种中的重要环节, 也因此引起广大科研工作者的兴趣。Falahatkar, *et al.* 研究发现越冬期内每天按体重的 3% 饲喂欧洲鲤养殖效果最佳<sup>[4]</sup>。Bell 根据 17 年鲤的越冬数据发现, 鲤的首个越冬过程的致死率与入冬前苗的规格大小无关<sup>[5]</sup>。对于黄河鲤而言, 苏胜彦等<sup>[6]</sup>根据不同生长阶段的特点和除体重外的其他指标对体重的协方差影响分析了包括黄河鲤纯繁后代在内的体重差异与性别的关系, 各个生长阶段生长指标的差异, 以及协方差分量如何选择的问题。但是没有专门对黄河鲤的越冬性能做深入研究。

在对黄河鲤越冬环节了解的基础上, 黄河鲤的持续遗传改良还需与市场需求结合起来。市场的需求是进行黄河鲤育种规划时需要重点考虑的, 当前, 养殖户除了对生长速度需求外, 还要求较好的体

收稿日期: 2012-11-15; 修订日期: 2013-04-02

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(No. 2013JBFM14); 国家“十二五”科技支撑计划项目专题(No. 2012BAD26B02); 现代农业产业技术体系建设专项资金项目(No. CARS-46)资助

作者简介: 张成锋(1979—), 男, 山东德州; 助理研究员; 研究方向为鱼类养殖生物学。E-mail: zhangcf@ffrc.cn

通信作者: 董在杰(1967—), 男, 研究员; Tel: 0510-85558831, E-mail: dongzj@ffrc.cn

型。事实上,对水产动物体型的关注也是科研工作的热点:被捕食可诱导体型的改变<sup>[7,8]</sup>,摄食和捕食者在体型改变时相互作用<sup>[9]</sup>,以及转基因可以改变体型等<sup>[10]</sup>。其中,转基因鱼体型的改变与生长速度快有关,并可具体到背部区域的尾长、腹部区域的尾长<sup>[11]</sup>,尤其重要的是环境和遗传的互作也可以影响到体型<sup>[12]</sup>。因此,可以看出,体型和生长速度有密切关联,机制也丰富多样。

为了加强对豫选黄河鲤的选育,本文就黄河鲤在早期生长状况特点进行了阐述,并根据体长体高比、体长体厚比以及体高、体长、体厚三维图的变化分析生长过程中体型的变化特点,通过建立多元逐步回归方程和聚类图来验证体重和体高、体长和体厚的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

黄河鲤引自河南黄河鲤鱼原种场的豫选黄河鲤。黄河鲤的养殖在中国水产科学研究院淡水渔业研究中心南泉基地进行。

### 1.2 试验鱼的养殖

2011年8月底从河南省水产科学研究院引入当年繁育的黄河鲤鱼夏花,在室内水泥池中养殖,每天按照体重的3%—5%投喂2次鲤鱼幼苗全价料,根据摄食情况调整投喂量。当年11月22日测量其生长指标(第一阶段),测试个体数为219尾,在水泥池越冬后,2012年5月12日再次测量其生长指标(第二阶段),2个阶段的测量指标为体重(g)、体长(mm)、体高(mm)、体厚(mm)。选择2011年11月,主要是考虑11月15日左右气温降低,进入越冬期,第二个阶段选在5月12日,是由于经过越冬后,经过1个月的生长,气候也比较稳定,也能较好的反应出黄河鲤的越冬效果。

### 1.3 数据分析

数据在Microsoft Excel表中初步整理后,使用SAS8.0进行数据处理和作图。体重的标准化主要是对体长、体高和体厚除以同时期的体重获得标准化后的指标,使用R2.14.0进行聚类分析。

## 2 结果

### 2.1 2阶段黄河鲤生长性能比较

越冬前后黄河鲤的生长性能检测结果(图1)。体

重、体长、体厚、体高4个指标在生长的第二阶段均比第一阶段显著提高,其中体重幅度较大,体重和体长的增长幅度次之,增长最小的是体厚(图2)。

### 2.2 2阶段黄河鲤体型指标的变化

本文把体长体厚比和体长体高比作为体型指标的检测指标,进行2阶段体型检测(图3)。研究显示,体长和体高的比例没有发生变化,而体长和体厚比显著降低,说明体厚的相对增加幅度高于体长的相对增加幅度。为了进一步直观的说明2阶段黄河鲤的体型改变情况,本文根据体长、体高和体厚3个指标,做三维图(图4)。从图中可以明显的看出,第2阶段明显迁移,证明3个指标均有所提高,从图形的性状上看,均呈阶梯形,只是第二阶段集中度更高。

### 2.3 体重标准化体长、体高、体厚三维图的变化

由于生长指标体长、体高和体厚均能影响到体重的变化,因此对3个指标进行体重标准化,可以看出它们对体重的影响程度(图5)。从图5中可以看出,体重的标准化使得2阶段3个指标的三维图发生了逆转,但其集中度依然是2阶段高,也更趋于一致。

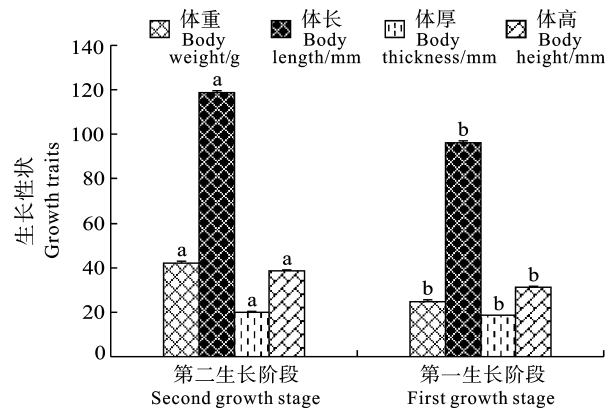


图1 2阶段黄河鲤生长性能对比

Fig.1 Growth performance of Huanghe carp in two stages  
不同字母代表差异显著( $P < 0.05$ ),下同

Different letters denote significant difference ( $P < 0.05$ ), the same in the following

### 2.4 2个阶段体重的多元逐步回归方程的建立

由于体重标准化后,黄河鲤体型的三维图发生了逆转,因此,2阶段体重和体长、体高、体厚的关系不同。本文通过多元逐步回归方法建立了2个阶段的回归方程,第一阶段的为等式(1),第二阶段的为等式(2),把一阶段和二阶段的数据结合起来做回归方程等到等式(3)。从等式中可以看出,二阶段体

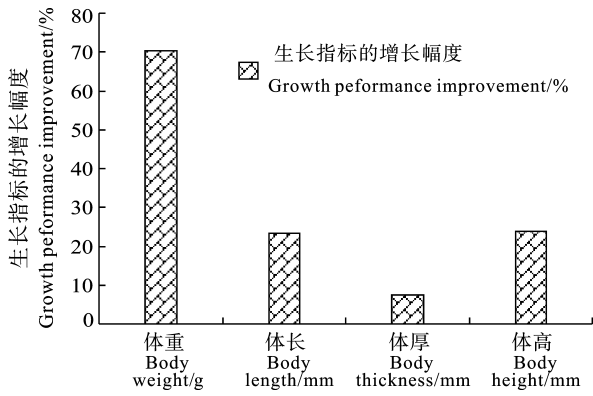


图2 不同生长指标的增幅  
Fig.2 Amplitude of different growth parameters

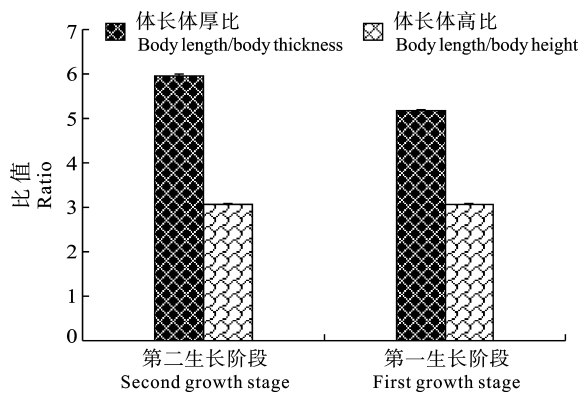


图3 2阶段黄河鲤体型对比  
Fig.3 Body shape of Huanghe carp in two stages

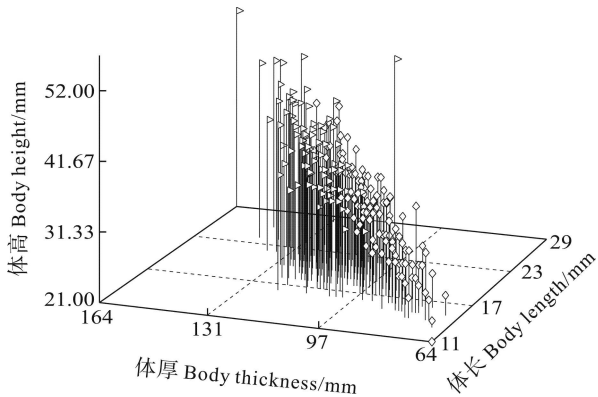


图4 2阶段黄河鲤的体型三维图  
Fig.4 Three dimensional graph of Huanghe carp body shape for two stages  
菱形表示第一阶段, 梅花表示第二阶段  
Diamond present the first stage, flag show the second stage

厚和体高的回归系数较为明显的提高, 进行 2 个阶段混合计算回归方程时发现, 回归系数变化最大的是体高。

$$y = -41.78 + 0.41x_1 + 0.36x_2 + 0.85x_3 \quad (1)$$

$$y = -80.23 + 0.48x_1 + 1.04x_2 + 1.27x_3 \quad (2)$$

$y = -56.31 + 0.38x_1 + 1.01x_2 + 0.73x_3 \quad (3)$   
式中,  $y$  表示体重,  $x_1$  表示体长,  $x_2$  表示体厚,  $x_3$  表示体高。

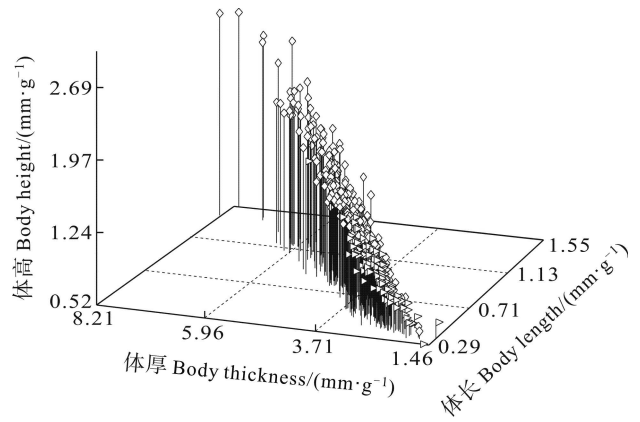


图5 2阶段黄河鲤的体型三维图(3性状用体重标准化以后)  
Fig.5 Three dimensional graph of Huanghe carp body shape for two stages (standard by body weight)  
菱形表示第一阶段, 梅花表示第二阶段  
Diamond present the first stage, flag show the second stage

### 2.5 2个阶段和2阶段混合数据的聚类分析

根据三维图和回归方程中体重和体长、体厚、体高的研究结果, 做出反应他们关系的聚类图(图6)。从图中可以看出, 未标准化时, 一阶段和一阶段+二阶段的数据(也就是整体数据)聚为一类, 而经过体重标准化后, 二阶段和一阶段+二阶段的数据先聚为一类。

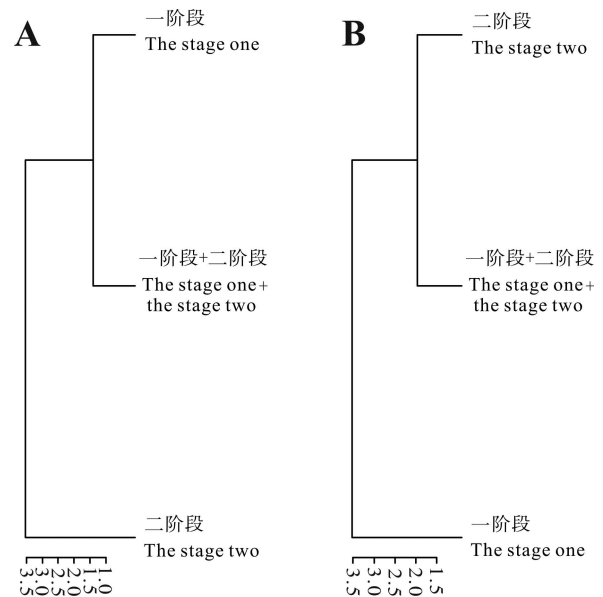


图6 2阶段黄河鲤的体型聚类图  
Fig.6 Cluster of body shape for two Huanghe carp growth phase  
A 未经体重标准化; B 经体重标准化  
A non-standardized by body weight; B standardized by body weight

### 3 讨论

#### 3.1 黄河鲤 2 阶段生长特点

本文对黄河鲤的越冬前后生长性能的分析发现在生长的 2 阶段, 以体重、体长、体高和体厚的生长指标均有提高, 并且体长体厚比降低。这说明相对而言, 在 2 阶段体长相对体厚得到了明显的增加, 而体长体高比没有变化, 这就意味着体长相对于体高来说变化并不大, 也说明此阶段黄河鲤仅仅是体厚的相对增加。苏胜彦等<sup>[3]</sup>研究了建鲤、黄河鲤、黑龙江野鲤完全双列杂交的生产性能, 在对黄河鲤纯繁后代的研究中发现, 体长体厚比变化不大, 而体长相对于体高而言变长了, 这主要是因为 2 个研究的生长期不同, 第 2 个生长阶段的指标绝对大小也不同的原因。本文所关注的 2 个生长阶段位于苏胜彦等研究生长阶段之前, 说明随着黄河鲤体重的继续增加, 表现出的体型变化度也发生了改变。这样, 结合苏胜彦等<sup>[6]</sup>通过协方差分量的选择研究其他生长指标对黄河鲤体重的影响, 已建立了 2 种其他生长指标与体重关系研究的方法。另, 有报道生长速度不同与体型变异的关系还与背部区域的尾长、腹部区域的尾长等指标密切相关<sup>[11]</sup>, 因此尾长是黄河鲤生长性能的下一个关注点。

对于一个品种, 除了生长阶段对体型变化影响外, 环境因子的改变对体型的变化研究以及环境和遗传的互作对体型影响的研究也是热点<sup>[12-17]</sup>。其中, 摄食对体型差异有影响<sup>[18]</sup>, 并且这种影响是通过适应性机制产生的, 可能与 parvalbumin 基因变异体的表达有关<sup>[19, 20]</sup>。更有甚者, 从遗传的角度分析了雌核发育群体少量雄鱼和雌鱼的体型差异<sup>[21]</sup>, 这些为黄河鲤不同生长阶段体型差异的研究提供了新的方向。

#### 3.2 黄河鲤 2 阶段体长、体高、体厚三维图的变化

为了进一步说明 2 阶段黄河鲤体型的变化特点, 本文以体长、体高和体厚 3 个指标做 3 维图, 观察体型变化特点, 发现第 2 阶段这些体型集中度高于第 1 阶段, 在进行体重标准化以后, 发现 2 阶段的 3 维图发生了逆转, 也就是说, 黄河鲤在经过这段时间的生长后, 体长、体高和体厚 3 个指标相对体重来说降低了, 说明这个阶段还有其他指标的增加, 比如说内脏重的增加, 其不仅可以影响体高和体厚, 也从密度上影响体重。这也暗示如果这个阶段饲喂

较好, 可能显著的增加内脏、肌肉等其他发育指标。这也暗示如果这个阶段饲喂较好, 可能显著的增加内脏、肌肉等其他发育指标。在这个过程中体重标准化对黄河鲤体型变化的分析起了重要作用, 这也旁证了数理统计是研究体型的变化的有效方法。采用类似的手段, Firmat, *et al.*<sup>[22]</sup>通过几何测量的方法研究了莫桑比克罗非鱼体型分化的地理学背景, Mobley, *et al.*<sup>[23]</sup>通过主成分分析研究棘鱼群体形态变异。这些都说明通过统计学的手段可以有效的分析鱼类的体型的变化。

#### 3.3 黄河鲤 2 阶段体重与体长、体厚、体高的关联

体重标准化后, 黄河鲤 2 阶段体长、体厚、体高制作的三维图结构发生了变化, 因此了解体重与它们 3 者的关系就显得尤为重要, 本文通过构建 2 个阶段和 2 阶段合并的逐步多元回归方程来说明它们和体重的关联, 在此基础上, 通过 3 个指标说明体重标准化等 2 个阶段以及 2 阶段合并聚类的差异。在 3 个回归方程中, 与一阶段和二阶段合并回归方程比, 一阶段更为接近, 只是体厚的回归系数较高, 这与未经过标准化的聚类结果一致, 也与未标准化的三维图结果一致。经过体重标准化后, 一阶段和二阶段合并与二阶段的 3 个体型指标聚为一起, 使聚类图发生了逆转, 这与三维图逆转的结果是一致的。这表明第二阶段体型的变化在很大程度上受体重影响, 除此之外, 在回归方程中体厚系数出现了显著提高, 这可能与内脏的生长有关。

#### 参考文献:

- [1] Guan J Y, Zhang Q, Qu C Y, *et al.* Genetic diversity of wild and artificial selecting *Cyprinus cappio Haematop terus* by ISSR analysis [J]. *Journal of Henan Normal University (Natural Science)*, 2010, **38**(4): 128—131 [关建义, 张芹, 屈长义, 等. 野生和人工选育黄河鲤遗传多样性的 ISSR 分析. 河南师范大学学报(自然科学版), 2010, **38**(4): 128—131]
- [2] Su S Y, Dong Z J, Qu J Q, *et al.* Microsatellite-based genetic diversity of 2\*2 full diallel cross of Jian carp and Huanghe carp and related bodyweight correlation [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, **18**(5): 1032—1042 [苏胜彦, 董在杰, 曲疆奇, 等. 建鲤、黄河鲤杂交后代微卫星标记多态性及其体质量的关联性. 中国水产科学, 2011, **18**(5): 1032—1042]
- [3] Su S Y, Dong Z J, Qu J Q, *et al.* Grey correlated degree analysis of growth trait of hybrids from 3 common carp varieties and prediction on body weight of offspring from mul-

- tle crosses [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2011, **35**(1): 20—26 [苏胜彦, 董在杰, 曲疆奇, 等. 3个鲤品种杂交后代生长性状的灰色关联及三元杂交和回交后代的体重预测分析. 水产学报, 2011, **35**(1): 20—26]
- [4] Falahatkar B B, Akhavan S R, Efatpanah I, *et al.* Effect of winter feeding and starvation on the growth performance of young-of-year (YOY) great sturgeon, *Huso huso*[J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2013, **29**: 26—30
- [5] Bell. Winter feeding as an overwintering survival strategy in young-of-the-year winter flounder[J]. *Transaction of the American Fisheries Society*, 2012, **141**(4): 855—873
- [6] Su S Y, Dong Z J, Q. J Qu *et al.* Characters of different growth stage on the F1 progeny of 3×3 full diallel cross in common carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, **36**(4): 618—625 [苏胜彦, 董在杰, 曲疆奇, 等. 3×3完全双列杂交F1不同阶段生长特点的分析. 水生生物学报, 2012, **36**(4): 618—625]
- [7] Domenici P, Turesson H, Brodersen J, *et al.* Predator-induced morphology enhances escape locomotion in crucian carp [J]. *Proceedings of the Royal Society B*, 2008, **1631**(275): 195—201
- [8] Magnhagen C, Heibo E. Growth in length and in body depth in young-of-the-year perch with different predation risk [J]. *Journal of Fish Biology*, 2004, **3**(64): 612—624
- [9] Andersson J, Johansson F, Söderlund T. Interactions between predator- and diet-induced phenotypic changes in body shape of crucian carp [J]. *Proceedings of the Royal Society B*, 2006, **1585**(273): 431—437
- [10] Dunham R A, Chatakondi N, Nichols A J, *et al.* Effect of rainbow trout growth hormone complementary DNA on body shape, carcass yield, and carcass composition of F1 and F2 transgenic common carp (*Cyprinus carpio*) [J]. *Marine Biotechnology*, 2002, **6**(4): 604—611
- [11] Li D, Hu W, Wang Y, *et al.* Reduced swimming abilities in fast-growing transgenic common carp *Cyprinus carpio* associated with their morphological variations [J]. *Journal of Fish Biology*, 2009, **1**(74): 186—197
- [12] Costa C, Vandeputte M, Antonucci F, *et al.* Genetic and environmental influences on shape variation in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2010, **101**: 427—436
- [13] Crispo E, Chapman L J. Hypoxia drives plastic divergence in cichlid body shape [J]. *Evolutionary Ecology*, 2010, **4**(25): 949—964
- [14] Langerhans R B. Predictability of phenotypic differentiation across flow regimes in fishes [J]. *Integrative and Comparative Biology*, 2008, **48**: 750—768
- [15] Andersson J, Johansson F, Söderlund T. Interactions between predator- and diet-induced phenotypic changes in body shape of crucian carp [J]. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 2006, **273**: 431—437
- [16] Ruehl C B, DeWitt T J. Trophic plasticity and foraging performance in red drum, *Sciaenops ocellatus* (Linnaeus) [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2007, **349**: 284—294
- [17] Blob R W, Bridges W C, Ptacek M B, *et al.* Morphological selection in an extreme flow environment: body shape and waterfall-climbing success in the Hawaiian stream fish *Sicyopterus stimpsoni* [J]. *Integrative and Comparative Biology*, 2008, **48**(6): 734—749
- [18] Burns J G, Nardo P Di, Rodd F H. The role of predation in variation in body shape in guppies *Poecilia reticulata*: a comparison of field and common garden phenotypes [J]. *Journal of Fish Biology*, 2009, **6**(75): 1144—1157
- [19] Johansson F, Andersson J. Scared fish get lazy, and lazy fish get fat [J]. *Journal of Animal Ecology*, 2009, **4**(78): 772—777
- [20] Brownridge P, de Mello L, Mary Peters M, *et al.* Regional variation in parvalbumin isoform expression correlates with muscle performance in common carp (*Cyprinus carpio*) [J]. *Journal of Experimental Biology*, 2009, **212**: 184—193
- [21] Liasko R, Liousia V, Vrazeli P, *et al.* Biological traits of rare males in the population of *Carassius gibelio* (Actinopterygii: Cyprinidae) from Lake Pamvotis (North-west Greece) [J]. *Journal of Fish Biology*, 2010, **3**(77): 570—584
- [22] Firmat C, Schliewen U, Losseau M, *et al.* Body shape differentiation at global and local geographic scales in the invasive cichlid *Oreochromis mossambicus* [J]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2012, **105**: 369—381
- [23] Mobley K B, Lussetti D, Johansson F, *et al.* Morphological and genetic divergence in Swedish postglacial stickleback (*Pungitius pungitius*) populations [J]. *BMC Evolutionary Biology*, 2011, **11**: 287

## GROWTH ANALYSIS OF HUANGHE CARP DURING TWO GROWTH STAGES

ZHANG Cheng-Feng<sup>1,2</sup>, SU Sheng-Yan<sup>1,2</sup>, ZHU Jian<sup>1,2</sup>,  
ZHU Wen-Bin<sup>1,2</sup> and DONG Zai-Jie<sup>1,2,3</sup>

(1. *Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China;*  
2. *Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081, China;* 3. *College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China*)

**Abstract:** To improve the growth performance of Huanghe carp, we collected data before and after winter respectively and analyzed the development mechanism. The results showed that body weight, body length, body thickness and body height increased through the winter. Body weight had the highest growth rate. In the following were body length, body height, body thickness. When body shape was investigated, body length/body thickness decreased, while no change was found about body length/body height. In addition, 3D graph tended to be concentrated and moved forward during the second growth stage. But the 3D picture adversed when body length, body height and body thickness were standardized by body weight. These results illustrated that the major growth traits rise and body shape inclined to be concentrated. The important is that body shape of Huanghe carp tended to gain in width. Such conclusion were also been approved by multiple stepwise regression construction and cluster analysis.

**Key words:** Huanghe carp; Overwinter; Growth performance; Body shape parameters; 3D photograph