

文章编号: 1004-8227(2010)04-0377-06

# 转基因鲤鱼对大型底栖动物群落及多样性的影响

熊 晶<sup>1,2</sup>, 谢志才<sup>1\*</sup>, 陈 静<sup>1,2</sup>, 张君倩<sup>1,2</sup>, 舒少武<sup>1</sup>, 张堂林<sup>1</sup>, 胡 炜<sup>1</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘 要:** 为了对转基因(CA<sub>g</sub>cGH)鲤的生态风险评估提供参考依据, 于2004~2006年在梁子湖畔的人工隔离湖泊开展了转基因鲤对其主要饵料生物——底栖动物群落结构及多样性影响的研究。结果表明: 投放转基因鲤1 a后, 底栖动物物种组成、丰度和多样性指数均出现不同程度下降。底栖动物总物种数从65种下降为36种; 总密度从497.3 ind/m<sup>2</sup>下降到370.7 ind/m<sup>2</sup>; 总生物量(湿重)从77.136 g/m<sup>2</sup>上升到97.558 g/m<sup>2</sup>。单因素方差分析显示: 总物种数、寡毛类、毛翅目和摇蚊科物种数有显著降低。寡毛类、毛翅目和腹足类密度有显著下降。毛翅目生物量有显著下降。幽蚊(*Chaoborus* sp.)和环棱螺(*Bellamyia* sp.)取代纹沼螺(*Parafossarulus striatulus*)和苏氏尾鳃蚓(*Branchiura sowerbyi*)成为优势种。底栖动物多样性呈现显著下降, 3种多样性指数平均减少19%~44%, 物种丰富度则减少了38%。*K*优势曲线显示了同样结果。转基因鱼与对照鱼在捕食压力和摄食选择偏好上的差异, 可能是造成隔离湖泊内底栖动物群落结构和多样性变化的重要原因之一。

**关键词:** 转基因(CA<sub>g</sub>cGH)鲤; 底栖动物群落; 生物多样性; 隔离湖泊  
文献标识码: A

自1985年世界上第一批转基因鱼诞生以来<sup>[1]</sup>, 世界上已经有超过35种鱼用于转基因研究。遗传改良的转基因鱼具有许多优良经济性状<sup>[2,3]</sup>。迄今尚未有转基因鱼进行商品化养殖, 主要原因之一是担忧转基因鱼释放或逃逸到自然水体中可能引发遗传和生态安全方面的问题。由于缺乏在天然水体里转基因鱼对野生鱼类种群、饵料生物多样性和食物网结构影响的实验数据, 转基因鱼对生态环境的影响还没有定论<sup>[4,5]</sup>。底栖动物是水生生态系统中重要生物类群, 在生态系统物质循环和能量流动中起重要作用。同时, 湖泊中底栖动物群落丰度和多样性也受到鲤鱼的直接和间接影响<sup>[6~8]</sup>。因此, 通过研究转基因生长激素重组基因鲤鱼在隔离自然湖泊投放后对底栖动物群落结构和生物多样性造成的影响, 阐明转基因鲤对底栖动物多样性和食物网的影响累积资料, 为转基因鲤生态风险评估提供重要的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 湖泊概况

转基因鲤隔离湖泊位于湖北省武汉市江夏区境内的梁子湖内(114°24' E, 30°08' N), 水面面积667 hm<sup>2</sup>。试验期间, 湖泊水位变化不大, 最大落差不超过50 cm。

转基因鱼隔离湖泊于2002年5月设计并构建, 为人工隔离的半封闭水体, 具有防洪、防逃、防盗等安全设施。依据梁子湖背景资料在人工湖泊投放无脊椎动物和鱼类, 同时引入湖水模拟自然湖泊生境及生物群落。通过3 a的过渡适应后, 人工移植的沉水植物生长良好, 软体动物、虾类和鱼类形成了稳定种群, 表明人工放流的生物在试验湖泊系统中已经趋于稳定。试验湖泊挺水植物主要有: 野菰、水蓼、水葱; 浮叶植物主要有莲、菱和荇菜; 沉水植物有

收稿日期: 2009-04-21; 修回日期: 2009-06-22

基金项目: 国家高技术研究发展计划(2005AA60101005)、国家重点基础研究发展计划(2007CB109205)、国家自然科学基金项目(30970553)和淡水生态与生物技术国家重点实验室基金(2009FB16)联合资助。

作者简介: 熊 晶(1985~ ), 男, 湖北省武汉人, 硕士研究生, 主要从事底栖动物生态学研究。E-mail: xiongjing312@126.com

\* 通讯作者 E-mail: zhcxie@ihb.ac.cn

人工移植的轮叶黑藻、苦草、穗花狐尾藻、金鱼藻。根据 2004 年秋季调查, 沉水植物覆盖率为 65%, 生物量平均为  $2769 \text{ g/m}^2$ 。根据 2005~2006 年的调查, 现已查明试验湖泊鱼类有 23 种, 隶属 12 科 23 属。区系组成的最大特点是以鲤科鱼类为主, 约占总种数的 65.2%, 这与长江中下游湖泊鱼类区系组成非常相似<sup>[9]</sup>, 因此, 构建的人工湖泊具有中国长江中下游湖泊的代表性。

2005 年 8 月, 我们将转“全鱼”转基因(CA<sub>g</sub>cGH)鲤鱼(以下简称转基因鲤)及其对照鲤鱼各 1800 尾释放到该隔离湖泊。本次试验投放的转基因鲤是有转植由鲤鱼  $\beta$  肌动蛋白基因启动调控顺序(CA)驱动的 gcGH“全鱼”重组基因鱼。

## 1.2 标本采集及处理

2004 年 9 月至 2006 年 9 月间, 共对隔离湖泊中大型底栖动物进行了 12 次调查采样, 投放转基因鱼前后各 6 次。根据湖泊环境及生态特征, 设置了 7 个采样点(图 1)。

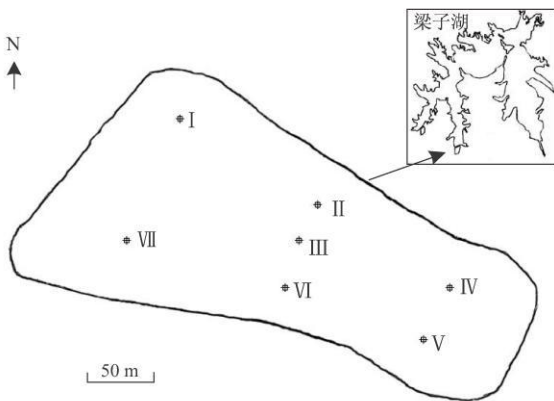


图 1 隔离湖泊及采样点分布

Fig. 1 Sampling Sites in the Isolation Lake and Its Location

定量采集用  $1/16 \text{ m}^2$  改良的彼德生氏采泥器进行。泥样经  $450 \mu\text{m}$  的铜筛洗净后, 用肉眼将动物标本从解剖盘中检出, 用 10% 福尔马林进行固定。在实验室将标本鉴定至尽可能低的分类单元, 然后计数和称重, 换算成单位面积的含量。

## 1.3 数据统计及分析

底栖动物的物种丰富度、密度和生物量差异的判别用单因素方差分析(One-way ANOVA), 动物的密度和生物量用自然对数进行转换。用 3 种多样性指数(Margalef、Simpson 和 Shannon-Wiener index)比较投放转基因鲤前后底栖动物多样性的差异。用  $K$

优势曲线的方法比较投放转基因鲤前后大型底栖动物多样性的变化。相关统计分析使用软件 SPSS 13.0, 绘图使用软件 Origin 7.5。使用公式如下:

$$\text{Margalef's index of diversity } (d) = (S - 1) / \log_2 N$$

$$\text{Simpson's dominance } (D) = \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

$$\text{Shannon-Wiener's index of diversity } (H') = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中:  $S$  为总物种数;  $N$  为总密度;  $P_i$  为样品中属于第  $i$  种的个体的比例。

## 2 结果

### 2.1 群落结构

#### 2.1.1 底栖动物群落物种组成

共采集到底栖动物 69 种(表 1)。其中, 寡毛纲 14 种(占总物种数 20.3%), 水生昆虫的蜉蝣目 3 种(4.3%), 蜻蜓目 4 种(5.8%), 毛翅目 7 种(10.1%), 双翅目的摇蚊科 27 种(39.1%), 软体动物的腹足纲 6 种(8.7%), 双壳纲 2 种(2.9%), 其它动物 6 种(8.7%)。

对比投放转基因鲤前后底栖动物物种组成, 投放前有 65 种, 投放后有 36 种, 物种数下降 44.6%。其中 32 种为共有种, 占总物种数 49%。而 33 种在投放后消失, 仅 4 种为新出现种。投放转基因鲤后, 物种损失率最高的类群为寡毛类和毛翅目, 分别由 14 种(20.3%) 和 7(10.1%) 种降至 4 种(5.8%) 和 1 种(1.4%)。单因子方差分析(One-way ANOVA)显示, 投放转基因鲤前后总物种数存在显著差异( $F = 8.46, p = 0.016$ )。进一步分析各底栖类群物种数的差异, 发现寡毛类( $F = 12.11, p = 0.006$ )、毛翅目( $F = 9.94, p = 0.010$ )和摇蚊科( $F = 7.423, p = 0.021$ )物种数有显著差异。

#### 2.1.2 底栖动物群落物种现存量

隔离湖泊中底栖动物以摇蚊科、腹足类和寡毛类为主, 分别占总密度 52.1%、20.5% 和 9.4% (表 2)。方差分析显示, 投放前和投放后底栖动物的总密度差异未达显著水平( $F = 1.61, p = 0.24$ )。进一步分析各类群密度的差异, 显示寡毛类( $F = 7.47, p = 0.021$ )、毛翅目( $F = 11.39, p = 0.007$ )和腹足类( $F = 5.83, p = 0.036$ )的差异显著。

生物量(湿重)则以腹足类占绝对优势, 占总生

表 1 投放前后隔离湖泊内底栖动物种类组成

Tab. 1 Species Composition of Zoobenthos in the Isolation Lake Pre- and Post-Introducing of the Transgenic Common Carp

种类	投放前	投放后	种类	投放前	投放后
环节动物门 Annelida			中国长足摇蚊 <i>Tanytus chinensis</i>	+	+
寡毛纲 Oligochaeta			菱附摇蚊 <i>Clinotanytus</i> sp.	+	+
仙女虫科 Naididae			无突摇蚊 <i>Alabesmyia</i> sp.	+	
透清毛腹虫 <i>Chatogaster diaphanus</i>	+		无突摇蚊一种 <i>Alabesmyia peleensis</i>	+	
尖头杆吻虫 <i>Stylaria fossularis</i>	+		裂片长蚺摇蚊 <i>Tanytarsus lobatifrons</i>	+	+
背尾盘虫 <i>Dero dorsalis</i>	+		流水长附摇蚊 <i>Rheotanytarsus</i> sp.	+	
指鳃尾盘虫 <i>Dero digitata</i>	+		长蚺摇蚊一种 <i>Tanytarsus</i> sp.	+	+
尾盘虫一种 <i>Dero</i> sp.	+		前突摇蚊 <i>Procladius</i> sp.	+	+
印西头鳃虫 <i>Branchiodrilus hortensis</i>	+		美丽前突摇蚊 <i>Procladius bellus</i>	+	
仙女虫科一种 Naididae	+		灰附多足摇蚊 <i>Polypedilum leucopus</i>	+	
特城史氏虫 <i>Stephensoniana trivandrana</i>	+		梯形多足摇蚊 <i>Polypedilum scalaenum</i>	+	+
颤蚓科 Tubificidae			多足摇蚊 <i>Polypedilum</i> sp.	+	+
多毛管水蚓 <i>Aludrilus plurisetus</i>	+	+	哈氏摇蚊 <i>Harnischia</i> sp.	+	
皮氏管水蚓 <i>Aludrilus pigueti</i>	+		二叉摇蚊 <i>Dicrotendipes</i> sp.	+	+
苏氏尾鳃蚓 <i>Branchiura sowerbyi</i>	+	+	结合隐摇蚊 <i>Cryptochironomus conjugens</i>	+	
维塞夫盘丝蚓 <i>Bohrioneurum vej dovskyanum</i>	+	+	指突隐摇蚊 <i>Cryptochironomus digitatus</i>	+	+
霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	+	+	隐摇蚊 <i>Cryptochironomus</i> sp.	+	+
颤蚓科一种 <i>Tubificidae</i> sp.	+		异腹鳃摇蚊 <i>Einfeldia insolita</i>	+	+
蛭纲 Hirudinea			摇蚊 <i>Chironomus</i> sp.	+	+
蛭 <i>Hirudinea</i>	+	+	摇蚊亚科一种 Chironomidae	+	
节肢动物门 Arthropoda			小凸摇蚊 <i>Micropsectra</i> sp.	+	
昆虫纲 Insecta			摇蚊一种 <i>Parachironomus</i> sp.	+	+
蜉蝣目 Ephemeroptera			摇蚊一种 <i>Epoicocladus</i> sp.	+	
蜉蝣属 <i>Ephemera</i> sp.	+	+	摇蚊一种 <i>Hydrobaenus</i> sp.	+	
细蜉属一种 <i>Caenis</i> sp.	+		直突摇蚊 <i>Orthocladus</i> sp.	+	
花鳃蜉科一种 Potamanthidae	+		幽蚊幼虫 <i>Chaoborus</i> sp.	+	+
蜻蜓目 Odonata			螻蛄科幼虫 Ceratopogonidae	+	+
蜻蜓目幼虫 Odonata	+		蛛形纲 Arachnoidea		
束翅亚目一种 Zygoptera	+		水蜘蛛 Arachnoidea	+	
螳科 Coenagrionidae	+	+	甲壳纲 Crustacea		
差翅亚目 Anisoptera	+		米虾一种 <i>Caridina</i> sp.	+	
毛翅目 Trichoptera			软体动物门 Mollusca		
毛翅目一种 Trichoptera	+		腹足纲 Gastropoda		
长角石蛾属 <i>Leptocerus</i> sp.	+		环棱螺 <i>Bellamyia</i> sp.	+	+
低头石蛾 <i>Neurclipsis</i> sp.	+		长角涵螺 <i>Alcinma longicornis</i>	+	+
多距石蛾科一种 Polycentropodidae	+	+	纹沼螺 <i>Parafossarulus striatulus</i>	+	+
畸距石蛾科一种 Dipsucodopsis sp.	+		大沼螺 <i>Parafossarulus eximius</i>	+	+
径石蛾属 <i>Ecnomus</i> sp.	+		椭圆萝卜螺 <i>Radix swinhoei</i>	+	+
鞘翅目 Coleoptera			旋螺属 <i>Gyraulus</i> sp.	+	
鞘翅目一种 Coleoptera	+	+	双壳纲 Bivalvia		
双翅目 Diptera			无齿蚌 <i>Anodonta</i> sp.	+	+
双翅目一种 Diptera	+		圆顶珠蚌 <i>Unio douglasiae</i>	+	+
长足摇蚊一种 <i>Tanytus</i> sp.	+	+			

物量的 93.28%。投放转基因鲤后,底栖动物各类群的现存量均有不同程度的减少(表 2)。投放前后底栖动物的生物量差异未达显著水平( $F=0.006, p=0.938$ ),但毛翅目的生物量有显著差异( $F=8.908, p=0.014$ )。

2.1.3 投放前后底栖动物优势种的变化

本文以相对密度排序( $\geq 5\%$ )作为优势种标准。

投放转基因鱼前后前五优势种的相对丰度见表 3。对比投放转基因鲤前后,异腹鳃摇蚊、长角涵螺、菱附摇蚊都是优势种。方差分析显示,三者密度在投放前后没有显著差异,统计值分别为  $F=0.595, p=0.458$ ;  $F=1.383, p=0.267$ ;  $F=1.017, p=0.337$ 。投放前第 6、7 优势种幽蚊、环棱螺在投放后成为第 5、4 优势种;投放前第 2、5 优势种纹沼螺、苏氏尾鳃

表 2 转基因鲤释放前后底栖动物主要类群的密度( $\text{ind}/\text{m}^2$ )及生物量( $\text{g}/\text{m}^2$ )对比

Tab. 2 Comparison of Density and Biomass of Zoobenthos Pre and Post-Introducing of the Transgenic Common Carp

	投放前				投放后			
	密度	%	生物量	%	密度	%	生物量	%
寡毛类	67.0	13.5	0.164	0.21	14.9	4.0	0.085	0.09
蜉蝣目	13.0	2.6	0.268	0.35	4.2	1.1	0.181	0.19
蜻蜓目	9.5	1.9	0.033	0.04	0.8	0.2	0.037	0.04
毛翅目	21.0	4.2	0.036	0.05	0.4	0.1	0.01	0.01
鞘翅目	13.3	2.7	0.001	0	13.3	3.6	0.006	0.01
幽蚊	21.7	4.4	0.019	0.02	21	5.7	0.068	0.07
摇蚊科	224.0	45	2.136	2.77	227.8	61.5	0.183	0.19
腹足类	108.3	21.8	73.261	94.97	69.7	18.8	89.707	91.95
双壳类	2.7	0.5	1.128	1.46	3.4	0.9	7.268	7.45
其它	16.8	3.4	0.091	0.12	15.2	4.1	0.012	0.01
合计	497.3	100	77.136	100	370.7	100	97.558	100

表 3 投放转基因鲤前后底栖动物优势种相对丰度的比较

Tab. 3 Comparison of Abundance of Dominant Taxa Between Pre and Post-Introducing of the Transgenic Common Carp

名称		投放前	投放后
异腹鳃摇蚊	<i>Einfeldia insolita</i>	18.23	35.05
纹沼螺	<i>Parafossarulus striatulus</i>	7.05	
长角涵螺	<i>Alocinma longicornis</i>	6.77	8.02
菱附摇蚊	<i>Clinotanytus</i> sp.	5.90	7.71
苏氏尾鳃蚓	<i>Branchiura sowerbyi</i>	5.06	
幽蚊	<i>Chaoborus</i> sp.		5.65
环棱螺	<i>Bellamyia</i> sp.		6.89

蚓在投放后下降为第 11、13 优势种。

## 2.2 生物多样性

表 4 显示, 投放转基因鲤前后水体底栖动物的 3 种多样性指数有明显差异, 平均减少 19%~44%。物种丰富度则减少了 38%。两条  $K$  优势曲线不相交(图 2), 表明投放转基因鱼前后, 底栖动物群落多样性存在显著差异而且投放转基因鲤后底栖动物多样性显著下降。这与多样性指数得出的结论相同。

表 4 投放转基因鱼前后隔离湖泊底栖动物的多样性指数比较

Tab. 4 Comparison of Diversity Values of Zoobenthos Between Pre and Post-Introducing of the Transgenic Common Carp

多样性指数		投放前	投放后	下降百分比(%)
香农-威纳指数	Shannon-Wiener	2.61	2.12	18.80
马格利夫多样性指数	Margalef	2.97	1.94	34.67
辛普森优势度指数	Simpson	10.56	5.91	44.07
丰富度	Richness	27.5	17.2	37.6

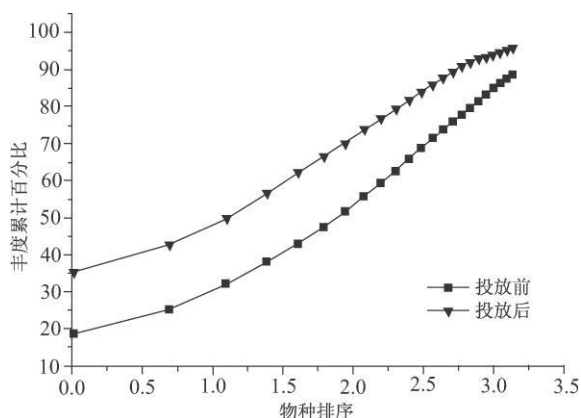


图 2 底栖动物  $K$  优势曲线  
Fig. 2  $K$ -dominant Curves of Zoobenthos Pre and Post-Introduction of Transgenic Common Carp

## 3 讨论

底栖鱼类通过直接和间接作用影响水体透明度、营养循环、水生植物、浮游生物和底栖动物, 从而进一步影响水生态系统的功能<sup>[10,11]</sup>。鲤鱼是底栖杂食性鱼类, 食性分析表明转基因鲤与对照鲤食物组成主要是软体动物和水生昆虫幼虫, 分别占肠含物总重量的 87.3%、97.2%, 因此底栖动物是其主要的饵料生物<sup>[12]</sup>。隔离湖泊中, 鲫、红鳍原鲌、鲮是试验湖泊中生物量较大的 3 个优势种群。其中, 红鳍原鲌为凶猛的肉食性鱼类; 鲮为小型杂食性鱼类, 成鱼摄食藻类、植物碎屑; 鲫为杂食性, 偏重于植物性食物, 也摄食少量底栖动物。但是考虑到 2 a 间鱼类群落结构稳定, 因此鲫对底栖动物群落变化的影响很小。此外, 隔离湖泊中其它鱼类均不摄食底栖动物。故可以推断隔离湖泊中底栖动物群落在 2 a 间的变化主要是由于投放转基因鲤造成。

转基因鱼的生长速度明显高于对照鱼<sup>[3]</sup>。有研究证明转生长激素基因能够刺激食欲并且与对照鱼混养时能够通过竞争抑制对照鱼的生长<sup>[13,14]</sup>。转基因(CA<sub>g</sub>cGH)鲤鱼摄食率显著高于对照鲤鱼, 此外生长速度也快于对照鱼<sup>[15,16]</sup>, 这种快速生长的特点使其食量较对照鲤大, 对隔离湖泊内的饵料生物造成了较大的捕食压力。因此, 高强度的直接捕食作用可能是造成隔离湖泊内寡毛类、毛翅目和腹足类密度及毛翅目的生物量显著下降的原因。

生长激素转基因会对受体鱼摄食选择偏好和摄食行为产生影响。当可食食物与模拟的不可食食物同时存在, 转基因银大麻哈鱼和对照鱼相比, 只需要

与不可食食物发生较少次数的接触就会转向可食食物<sup>[17]</sup>。我们因此推断转基因鲤与对照鲤鱼对不同类群的底栖动物摄食选择偏好及大小选择可能是造成隔离湖泊底栖动物群落变化的另一原因。转基因鲤对身体较软、缺少甲壳保护的寡毛类、毛翅目和摇蚊科的喜好度较高,投放的转基因鲤对这些物种的选择性摄食导致其物种数显著减少。而对体形较大、有甲壳保护的腹足类和双壳类,转基因鲤可能对其大小进行选择。2 a 间环棱螺的密度从 20.95 g/m<sup>2</sup> 增加到 25.52 g/m<sup>2</sup>, 体型小型的豆螺类密度 85.47 g/m<sup>2</sup> 减少到 41.91 g/m<sup>2</sup>, 说明转基因鲤对体型较小的豆螺类喜好度较高,而对体形较大的田螺类喜好度较低。对转基因鲤食性分析的研究也得出了同样的结论<sup>[12]</sup>。

本研究主要在时间尺度上,探讨转基因鲤鱼对其主要的摄食类群——底栖动物的结构和多样性的影响。今后我们将在已有工作的基础上,从空间尺度上严格设置空白组、对照组、实验组和混养组等一系列实验梯度,并结合转基因鱼和对照鱼食性选择分析、食物的竞争关系研究等,系统研究转基因鲤鱼对底栖动物的影响。转基因鲤对底栖动物群落的影响是长期的,因此还需要对底栖动物群落组成、多样性变化进行长期的监测。

## 参考文献:

- [1] ZHU Z Y, HE L, CHEN T T. Primary-structural and evolutionary analyses of growth hormone gene from grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [J]. *European Journal of Biochemistry*, 1992, 207: 643~ 648.
- [2] ZBIKOWSKA H M. Fish can be first—advances in fish transgenesis for commercial applications [J]. *Transgenic Research*, 2003, 12(4): 379~ 389.
- [3] HALLENNAN E M, MCLEAN E, FLEMING I A. Effects of growth hormone transgenes on the behavior and welfare of aquacultured fishes: A review identifying research needs [J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2007, 104(3-4): 265~ 294.
- [4] KAPUSCINSKI A R, HALLERMAN E M. Transgenic fish and public policy: Anticipating environmental impacts of transgenic fish [J]. *Fisheries*, 1990, 15(1): 2~ 11.
- [5] MACLEAN N, LAIGHT R J. Transgenic fish: An evaluation of benefits and risks [J]. *Fish and Fisheries*, 2000, 1(2): 146~ 172.
- [6] PARKOS J J, SANTUCCI V J, DAVID H W. Effects of adult common carp (*Cyprinus carpio*) on multiple trophic levels in shallow mesocosms [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2003, 60(2): 182~ 192.
- [7] MILLER S A, CROWL T A. Effects of common carp (*Cyprinus carpio*) on macrophytes and invertebrate communities in a shallow lake [J]. *Freshwater Biology*, 2006, 51(1): 85~ 94.
- [8] ZAMBRANO L, HINOJOSA D. Direct and indirect effects of carp (*Cyprinus carpio* L.) on macrophyte and benthic communities in experimental shallow ponds in central Mexico [J]. *Hydrobiologia*, 1999, 408-409(0): 131~ 138.
- [9] 张堂林, 李钟杰, 郭青松. 长江中下游四个湖泊鱼类与渔业研究 [J]. *水生生物学报*, 2008, 32(2): 167~ 177.
- [10] HAYES D B, TAYLOR W W, SCHNEIDER J C. Response of yellow perch and the benthic invertebrate community to a reduction in the abundance of white suckers [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1992, 121(1): 36~ 53.
- [11] FULLERTON A H, LAMBERTI G A, LODGE D M, et al. Prey preferences of Eurasian ruffe and yellow perch: Comparison of laboratory results with composition of Great Lakes benthos [J]. *Journal of Great Lakes Research*, 1998, 24(2): 319~ 328.
- [12] 舒少武. 人工试验湖泊中转 GH 基因鲤鱼生物学特性的初步研究 [D]. 中国科学院水生生物研究所, 2008: 85~ 93.
- [13] DEVLIN R H, JOHNSON J I, SMAILUS D E, et al. Increased ability to compete for food by growth hormone-transgenic coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) [J]. *Aquaculture Research*, 1999, 30(7): 479~ 482.
- [14] VANDERSTEEN TYM CHUK W E, ABRAHAMS M V, DEVLIN R H, et al. Competitive ability and mortality of growth-enhanced transgenic coho salmon fry and parr when foraging for food [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2005, 134(2): 381~ 389.
- [15] FU C, CUI Y, HUNG S, et al. Growth and feed utilization by F4 human growth hormone transgenic carp fed diets with different protein levels [J]. *Journal of Fish Biology*, 1998, 53: 115~ 129.
- [16] WANG Y, HU W, WU G, et al. Genetic analysis of “+fish” growth hormone gene transferred carp (*Cyprinus carpio* L.) and its F1 generation [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46: 1174~ 1177.
- [17] SU NDSTRÖM L F, LÖHMUS M, DEVLIN R H, et al. Feeding on profitable and unprofitable prey: Comparing behaviour of growth-enhanced transgenic and normal coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) [J]. *Ethology*, 2004, 110(5): 381~ 396.

## EFFECTS OF ‘ ALLFISH’ GH TRANSGENIC COMMON CARP ( *CYPRINUS CARPIO* L. ) ON BENTHIC MACROINVERTEBRATE COMMUNITY STRUCTURE AND BIODIVERSITY IN THE ISOLATION LAKE

XIONG Jing<sup>1,2</sup>, XIE Zhi-cai<sup>1</sup>, CHEN Jing<sup>1,2</sup>, ZHANG Jun-qian<sup>1,2</sup>,  
SHU Shao-wu<sup>1</sup>, ZHANG Tang-lin<sup>1</sup>, HU Wei<sup>1</sup>

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** In order to evaluate the possible ecological risks of transgenic common carp, the present work primarily studied the effects of ‘ allfish’ GH transgenic common carp (*Cyprinus carpio* L.) on benthic macroinvertebrate structure and biodiversity in an isolation lake during a two-year period. The main results showed that species richness, abundance, the standing crops and biodiversity of the benthic macroinvertebrate community decreased at different degree after introducing of transgenic fish. The total species composition of benthic macroinvertebrate decreased from 65 to 36, total density from 497.3 ind/m<sup>2</sup> to 370.7 ind/m<sup>2</sup>. However, the total biomass (wet weight) increased from 77.136 g/m<sup>2</sup> to 97.558 g/m<sup>2</sup>. One-way ANOVA indicated that taxa richness of Oligochaeta, Trichoptera and Chironomidae, density of Oligochaeta, Trichoptera and Gastropoda, and biomass of Trichoptera showed significantly decreased. Instead of *Parafossarulus striatulus* and *Branchiura sowerbyi*, *Chaoborus* sp. and *Bellamyia* sp. became the dominant taxa. Biodiversity indices (Margalef's, Simpson and Shannon-Wiener index) and species richness decreased 19% ~ 44% and 38%, respectively and K-dominate curves also showed that biodiversity decreased after introducing of transgenic fish. It might be true that the difference of pressure of predation, prey preference and prey size-selection between transgenic fish and common carp play important roles in changing benthic macroinvertebrate community and biodiversity. However, further works should be carried out to conform to our preliminary result.

**Key words:** ‘ allfish’ GH transgenic common carp; benthic macroinvertebrate community; biodiversity; an isolation lake in Wuhan City