

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

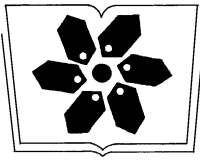
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 21 期
Vol.30 No.21
2010



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第30卷第21期 2010年11月 (半月刊)

目次

棉铃虫幼虫对人类呈味物质的取食反应.....	李为争,付国需,王英慧,等 (5709)
西藏拉萨机场周边风沙源空间分布及演变趋势.....	李海东,沈渭寿,邹长新,等 (5716)
新疆沙湾冷泉沉积物的细菌系统发育多样性.....	曾军,杨红梅,徐建华,等 (5728)
应用鱼类完整性评价体系评价辽河流域健康.....	裴雪姣,牛翠娟,高欣,等 (5736)
不同海拔天山云杉叶功能性状及其与土壤因子的关系.....	张慧文,马剑英,孙伟,等 (5747)
滨河湿地不同植被对农业非点源氮污染的控制效果.....	徐华山,赵同谦,贺玉晓,等 (5759)
内蒙古温带荒漠草原能量平衡特征及其驱动因子.....	阳伏林,周广胜 (5769)
南北样带温带区栎属树种功能性状对气象因子的响应.....	冯秋红,史作民,董莉莉,等 (5781)
伏牛山自然保护区物种多样性分布格局.....	卢训令,胡楠,丁圣彦,等 (5790)
减弱 UV-B 辐射对烟草形态、光合及生理生化特性的影响.....	陈宗瑜,钟楚,王毅,等 (5799)
川西亚高山针阔混交林乔木层生物量、生产力随海拔梯度的变化.....	刘彦春,张远东,刘世荣,等 (5810)
三峡库区消落带水淹初期地上植被与土壤种子库的关系.....	王晓荣,程瑞梅,肖文发,等 (5821)
洞庭湖西岸区防护林土壤和植物营养元素含量特征.....	柏方敏,田大伦,方晰,等 (5832)
择伐对阔叶红松林主要树种径向与纵向生长的影响.....	蒋子涵,金光泽 (5843)
野鸭湖典型湿地植物光谱特征.....	刘克,赵文吉,郭逍宇,等 (5853)
三种线性模型在杉木与马尾松地位指数相关关系研究中的比较.....	朱光玉,吕勇,林辉,等 (5862)
不同干扰类型下羊草种群的空间格局.....	陈宝瑞,杨桂霞,张宏斌,等 (5868)
基于 SWAT 模型的祁连山区最佳水源涵养植被模式研究——以石羊河上游杂木河流域为例.....	王军德,李元红,李赞堂,等 (5875)
2D 与 3D 景观指数测定山区植被景观格局变化对比分析.....	张志明,罗亲普,王文礼,等 (5886)
基于投影寻踪的珠江三角洲景观生态安全评价.....	高杨,黄华梅,吴志峰 (5894)
海峡两岸 16 个沿海城市生态系统功能比较.....	张小飞,王如松,李锋,等 (5904)
同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估.....	王萱,陈伟琪,张璐平,等 (5914)
太阳辐射对玉米农田土壤呼吸作用的影响.....	孙敬松,周广胜,韩广轩 (5925)
水分胁迫下 AM 真菌对沙打旺生长和抗旱性的影响.....	郭辉娟,贺学礼 (5933)
宁夏南部旱区坡地不同粮草带比间作种植模式比较.....	路海东,贾志宽,杨宝平,等 (5941)
节节草生长对铜尾矿砂重金属形态转化和土壤酶活性的影响.....	李影,陈明林 (5949)
自然植物群落形成过程中铜尾矿废弃地氮素组分的变化.....	安宗胜,詹婧,孙庆业 (5958)
硅介导的水稻对二化螟幼虫钻蛀行为的影响.....	韩永强,刘川,侯茂林 (5967)
饥饿对转基因鲤与野生鲤生长竞争和性腺发育的影响.....	刘春雷,常玉梅,梁利群,等 (5975)
专论与综述	
河流水质的景观组分阈值研究进展.....	刘珍环,李猷,彭建 (5983)
研究简报	
长期模拟增温对岷江冷杉幼苗生长与生物量分配的影响.....	杨兵,王进闯,张远彬 (5994)
环境因素对长额斗蟋翅型分化的影响.....	曾杨,朱道弘,赵吕权 (6001)

饥饿对转基因鲤与野生鲤生长竞争和性腺发育的影响

刘春雷^{1,2}, 常玉梅¹, 梁利群^{1,*}, 徐丽华^{1,2}, 刘金亮^{1,2}, 闫学春¹

(1. 中国水产科学院黑龙江水产研究所, 哈尔滨 150070; 2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 200090)

摘要:为研究转大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)生长激素基因鲤(转基因鲤)在不同食物含量条件下的生长竞争(主要是生长、生殖),实验设定两个实验组,分别为正常投饲组和半饥饿实验组,每组的饲养池大小相同、混养的转基因鲤和对照鲤初始总重量相等。连续3个月定期采样后,处理数据并拟合体重量方程,从形态学和组织学入手对转基因鲤和对照鲤(*Cyprinus carpio*)的生长状况、饲料占有情况和性腺发育状况开展研究。结果表明,正常投饲组的转基因鲤和对照鲤体重相对增长率分别为127.9%和70.6%,而半饥饿实验组的转基因鲤、对照鲤的体重相对增长率分别是72.3%和52.2%,表明无论在饱食还是在饲料短缺情况下,转基因鲤显示出快速生长的优势;通过比较两组转基因鲤和对照鲤的肠道充塞度,发现正常投饲组的转基因鲤和对照鲤的肠道食物充塞度差异不显著($P > 0.05$),半饥饿组中的两种鱼的肠道食物充塞度差异不显著($P > 0.05$),但是转基因鲤的肠长/体长比大于对照鲤,差异显著($P < 0.05$),表明转基因鲤可能对饲料具有较强的消化、吸收能力;总体来看,两组实验鱼的性腺发育进程无明显差异($P > 0.05$),但在部分月份转基因鲤和对照雌、雄鲤的相对性腺重差异显著($P < 0.05$),无论在饱食还是在半饥饿情况下,转基因鲤的性腺发育情况略好于对照鲤。

关键词:转基因鲤;体重相对增长率;充塞度;性腺发育

Effects of feed shortage on growth competition and gonad development in transgenic carp and wild carp

LIU Chunlei^{1,2}, CHANG Yumei¹, LIANG Liqun^{1,*}, XU Lihua^{1,2}, LIU Jinliang^{1,2}, YAN Xuechun¹

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

2 College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China

Abstract: Preparation of transgenic fish transferred foreign growth hormone gene (thereafter abbreviation of transgenic fish) is the main method to shorten the growth period and increase the growth rate in cultured fish species. Presently, a lot of cultured fish species such as Atlantic salmon (*Salmon salar*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) and common carp (*Cyprinus carpio*) have been transferred foreign growth hormone gene successfully. Previous studies showed that transgenic Atlantic salmon and tilapia were able to not only increase the growth rate but perform very well in other ways like salinity resistance and efficiency of food conversion, etc. Common carp is one of the dominant cultured fish species and has plenty of varieties and strains in China. Transgenic common carp has been prepared in the late of 1980s triumphantly. Previous documents mainly involved in studies of environment adaptation, body component as well as swimming speed between transgenic carp and wild carp. And now, scientists abroad and home give much more attention on researches of food and environment safety in transgenic fish species, transgenic common carp is no exception. In this study, in order to compare growth competition and gonad development of transgenic carps transferred salmon growth hormone gene and wild carps in semi-starvation condition, the experimental fish species were divided into group A and group B with the same total weight, and each group contained transgenic carps and wild carps with equal gross weight. Group A was fed with enough food and group B was fed with half of the former. Sampled in consecutive three months, the growth performance, food possession and gonad development were compared between transgenic carp and its counterpart in two groups. As a result, in group A and B, the

基金项目:国家高技术研究发展计划资助项目(863计划)(2007AA10Z186)

收稿日期:2010-06-26; 修订日期:2010-10-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lqliang@fishbreeding.org

relative growth rates of body weight of transgenic carp were 127.9% and 72.3% in transgenic carps, compared to 70.6% and 52.2% in wild carps individually, demonstrating that transgenic carp had the advantage of fast growth over wild carp. In addition, the data statistics showed that no remarkable significance was detected ($P > 0.05$) in two groups, By comparing the filling index of intestinal tract of two carps, however, ratio of intestinal length and body length of transgenic carp was significantly greater than that of the control ($P < 0.05$), indicating that transgenic carp probably had stronger digestion capability for food. In addition, there was very slight difference during the gonad development of two carps in two groups ($P > 0.05$), however, the value of relative gonad weight of transgenic carp was remarkably higher than that of the control in certain month ($P < 0.05$). further pronouncing that the gonad of transgenic carp developed better than the control no matter in group A or B. To sum up, transgenic carp seems to have the stronger abilities of growth competition and propagation advantage than those of wild carp no matter that in food enough or shortage condition. Therefore, more concerns should be received in case transgenic carp escape to natural water systems during pool farming, which will probably affect the genetic background of wild carp based on this study.

Key Words: transgenic carp; relative growth rate of body weight; filling index; gonad development

转生长激素基因鱼的研制是缩短养殖鱼类生长周期、提高生长速度的主要途径。自首例转基因鱼问世以来,导入外源生长激素基因对动物的生长发育、免疫力、抗病力等方面的研究受到高度关注。据报道,导入生长激素基因能有效地促进大西洋鲑鱼(*Salmon salar*)的生长^[1],提高耐盐性及鳃 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATP 酶活性^[2],加快罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)的生长^[3-4]并能显著加快食物转化率、合成能力、代谢强度和平均蛋白合成等^[5]。转生长激素基因鲤(*Cyprinus carpio*)(以下简称转基因鲤)不但生长速度加快^[6-7],而且对不良环境因子的耐受性^[8]及体组成成分^[9]与对照鲤无明显差异,只是其游泳速度略低于对照鲤^[10]。

目前,关于转基因鱼的制备技术已成熟,而且一些转基因鱼已培育至品系阶段,但是关于转基因鱼的商业化生产,各国政府都采取了谨慎的态度,各国科学家在转基因鱼的食用及生态安全方面正在进行全面细致的研究工作,力求使其负面影响降到最低。在我国,转基因鲤的食用安全研究主要是通过饲喂哺乳动物猫(*Felis catus*)和小鼠(*Rattus norvegicus*)进行。与对照组相比,饲喂转基因鲤的猫和小鼠在血液学指标、组织病理学检查及表型特征等方面均无异常^[11-12]。转基因鲤的生态安全研究亦是一个非常具有挑战性的科学问题。虽然分子标记检测结果显示,当转基因鲤和对照鲤分别按 1% 和 10% 的群体比混养时,转基因鲤对对照鲤的遗传背景影响是微弱的^[13],但是并不排除这种微弱的基因渐渗对野生鱼种质资源的破坏。本研究将转基因鲤和对照鲤以“等总重”方式分别混养在两个池塘,即食物充足池塘和半饥饿池塘,通过对同池的转基因鲤和对照鲤的生长状况、食物占有量及性腺发育状况开展比较研究,以评价转基因鲤对同种野生鲤的影响程度,为今后有关转基因鱼的生态安全评价标准的制定提供实验数据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验鲤均来自黑龙江水产研究所松浦实验站,转基因鲤为转大麻哈鱼生长激素基因鲤^[14] F_3 (简称 Z),对照鲤(简称 D)是由 1 对普通鲤繁殖的 F_1 ,两组实验鱼均于 2008 年 6 月份经人工繁殖获得。转基因鲤饲养在 667 m^2 的池塘中,对照鲤则饲养在 2000 m^2 的池塘中,放养密度均为 12 尾/ m^2 。翌年春出池发现,转基因鲤比对照鲤体重偏小,因此在进行转基因鲤和对照鲤同池混养实验时,采用两种鲤总体重相同的方法,以消除前期饲养池塘大小不同造成的个体间体重上的背景偏差。

1.2 同池混养及样品采集

2009 年 4 月份将两组总体重相等(38kg)的转基因鲤和对照鲤(转基因鲤剪去一小部分左胸鳍,对照鲤未剪,以此区分二者),同时放入黑龙江水产研究所松浦实验站的两个大小相同的池塘中进行养殖,面积为

2000m²,分别称为 A 池和 B 池。A 池中的转基因鲤和对照鲤的初始平均体重分别为 74.19g 和 135.97g;B 池中的转基因鲤和对照鲤的初始平均体重为 73.61g 和 130.17g。实验期间,A 池进行正常饲喂,即每天投喂 3 次,早中晚各 1 次,投喂饲料为人工颗粒饲料(长春通威饲料有限公司)。每天早上观察 A 池无抢食现象时结束投喂,记录投喂饲料总量,中午、晚上以此量投喂即可;B 池进行半饥饿饲喂,即投喂次数和时间都与 A 池相同,但每次饲料投喂量只有 A 池的一半。饲养 3 个月后,开始采集样品,分别在 7、8、9 月份中旬对各池中的转基因鲤和正常鲤进行随机抽样,抽样样本数见表 1。

表 1 转基因鲤和对照鲤的相对体重增长率及体重体长方程拟合参数

Table 1 The relative growth rate of body weight and the parameter of equation of body weight and body length for the transgenic carps and the control ones

组别 Groups	尾数 Individuals	体长(平均值 ± 标准偏差) Body length (Mean ± SD)	体重(平均值 ± 标准偏差) Body weight (Mean ± SD)	7 月份到 9 月份 体重增长率/% Growth rate of body weight from Jul. to Sep.	W = bL ^a 式中参数 Parameters of W = bL ^a		
					相关系数 Correlation coefficient	b	a
A-7-Z	28	19.56 ± 1.19	283.00 ± 48.86	127.9	0.947	0.098	2.674
A-8-Z	28	22.22 ± 1.14	436.18 ± 54.39		0.737	1.221	1.893
A-9-Z	30	25.37 ± 1.89	581.47 ± 95.8		0.787	0.745	2.056
A-7-D	27	23.55 ± 1.95	414.64 ± 67.91	70.6	0.735	1.148	1.860
A-8-D	24	25.42 ± 2.75	523.45 ± 134.00		0.852	0.056	2.710
A-9-D	28	27.93 ± 3.33	725.94 ± 138.33		0.785	5.394	1.469
B-7-Z	28	16.98 ± 1.61	181.40 ± 41.40	72.3	0.907	0.017	2.895
B-8-Z	27	19.24 ± 1.35	240.22 ± 43.69		0.938	0.098	2.633
B-9-Z	26	22.63 ± 1.16	286.58 ± 51.65		0.957	0.031	3.007
B-7-D	23	18.80 ± 2.48	202.10 ± 68.30	52.2	0.953	0.163	2.456
B-8-D	26	24.20 ± 1.43	373.07 ± 64.89		0.887	0.116	2.590
B-9-D	29	22.31 ± 2.09	327.63 ± 72.91		0.826	0.532	2.061

1.3 性状测量

首先对随机采集的样本,进行体重(精确到 0.01g)和体长(精确到 0.1cm)测量;然后沿着泄殖孔向头部方向切开 5—8 cm 的刀口,取出内脏,称量空壳重;测量肠长及肠内食物长度;最后将鱼体腹部两侧的性腺全部取出,称量性腺重(精确度为 0.01g)。

1.4 性腺组织切片

取部分抽样样本的性腺约 1cm³大小放入 Bouin's 固定液固定,然后依次进行酒精梯度脱水、二甲苯透明处理、60 °C 石蜡包埋、常规石蜡切片(切片厚度 5—7μm)、苏木精-伊红(H-E)染色等步骤后封片保存^[15-17]。组织切片在 ZEISS (PRIMO STAR)显微镜下观察,Moticam 2306 数码成像系统拍照,性腺分期主要采用姜允东等^[18]的方法。

1.5 数据处理及统计方法

本研究中,转基因鲤和对照鲤个体间的初始体重有所差异,不适合采用绝对增长率进行比较。因此,采用相对增长率反映实验鱼生长速度的快慢:

$$\Delta W = (W_2 - W_1) / W_1^{[19]} \quad (1)$$

式中, ΔW 指体重增长率, W_2 指 9 月份中旬平均体重(g), W_1 指 7 月份中旬的平均体重(g)。

体重体长方程用 SPSS16.0 软件曲线回归(Curve Estimation)分析体长和体重的相关关系,并拟合鱼类体长-体重(L-W)关系方程,方程采用幂指方程:

$$W = bL^a^{[20]} \quad (2)$$

式中, W 为体重(g), L 为与体重相应的体长(cm), a 、 b 为常数。

鱼的肠长比是反映鱼类消化能力的主要特征,同时也反映了鱼类消化的食物难易:

$$BP = B/L^{[21]} \quad (3)$$

式中, BP 为肠长比(cm), B 为肠长(cm), L 指与肠长相对应的体长(cm)。

充塞度反映了实验鱼的抢食能力,分为5个等级,按肠内食物占肠长百分比的0%、25%、50%、75%、100%将充塞度分为5度即0、1、2、3、4度:

$$N = SL/CL^{[22]} \quad (4)$$

式中, N 为肠内食物占肠长的比例, SL 为肠内食物长度(cm), CL 为肠管长度(cm)。

性成熟指数反映性腺成熟程度,是反映鱼类性腺发育的重要指标。比较转基因鲤和对照鲤的性成熟指数,采用独立性 T 检验检测其差异显著性。相对性腺重作为一种校正结果,更好的反应了性腺发育状况:

$$GSI = GW/SW^{[23]}; \text{相对性腺重} = GW/W \quad (5)$$

式中, GSI 为性成熟指数, GW 为性腺重(g), SW 为空壳重(g)。

数据处理过程中,组间差异性均采用 SPSS 16.0 软件中的独立性 T 检验(independent-samples T -text)完成。

2 实验结果与分析

2.1 转基因鲤和对照鲤的生长速度比较

根据相对体重增长率公式,分别计算 A、B 两池中转基因鲤和对照鲤的体重增长率(表 1)。从表 1 可以看出,7 月份中旬到 9 月份中旬从 A 池(正常饲喂)中共抽取转基因鲤(A-7-Z;A-8-Z;A-9-Z)86 尾,其体重增长率为 127.9%;共抽取对照鲤(A-7-D;A-8-D;A-9-D)79 尾,其体重增长率为 70.6%;7 月份中旬到 9 月份中旬从 B 池(半饥饿)中共抽取转基因鲤(B-7-Z;B-8-Z;B-9-Z)81 尾,其体重增长率为 72.3%;共抽取对照鲤(B-7-D;B-8-D;B-9-D)78 尾,其体重增长率为 52.2%。A 池中转基因鲤体重增长率是对照鲤的 1.81 倍,B 池转基因鲤的体重增长率是对照鲤的 1.39 倍。通过比较 A、B 两池中转基因鲤的体重相对增长率可以看出,无论在正常饲喂条件下还是半饥饿条件下转基因鲤体重增长率都大于对照鲤。

体重体长拟合方程结果显示(表 1),A 池中两种鱼每月的体重和体长的相关系数在 0.735—0.947 之间变化,B 池中两种鱼每月的体重和体长的相关系数则在 0.826—0.953 之间变化;9 月份 B 池中转基因鲤的 α 值大于 3,其余各月两种鱼 α 值均小于 3。由 α 值的生物学意义可知,9 月份 B 池中转基因鲤的生长速度已趋于稳定。对体重体长拟合方程进行差异分析,结果表明拟合方程中体重与体长为强相关($P < 0.01$)。

2.2 转基因鲤和对照鲤消化吸收能力比较

A 池中,每个月转基因鲤和对照鲤的食物充塞度差异均不显著($P > 0.05$);而 B 池中,转基因鲤和对照鲤充塞度略有差异(表 2),转基因鲤每月的充塞度均低于 3 度,而对照鲤每月充塞度均能达到 4 度水平,其中 8 月份 2 种鲤的充塞度差异显著($P < 0.05$)。A、B 两池两种鲤充塞度实验数据说明低食物含量条件下转基因鲤的食物占有率略低于对照鲤。

肠长比数据换算结果表明,A、B 两池中转基因鲤的肠长比均显著大于对照鲤($P < 0.05$)(表 2)。说明虽然 B 池中转基因鲤的充塞度低于对照鲤,但肠长比大于对照鲤。

2.3 转基因鲤和对照鲤性腺发育状况、相对性腺重与性成熟指数比较

在 A 池中,各月份的转基因鲤和对照鲤的性腺发育进程基本同步,差异不显著($P > 0.05$);而在 B 池中,7 月份转基因鲤的雄鱼性腺发育进程比对照鲤快,此时已有多尾雄鱼性腺发育到 III 期,8 月份雌性转基因鲤性腺发育略快于对照鲤,最快的已发育到 III 期,但两组雄鱼在性腺发育进程上无显著差异($P > 0.05$)(表 3)。

对 A、B 两池中转基因鲤和对照鲤相对性腺重进行显著性检验。结果表明,A 池 8 月份的转基因鲤和对照鲤差异显著($P < 0.05$),其余各月份差异不显著($P > 0.05$);B 池中 7、8 两月份差异均不显著($P > 0.05$),而 9 月份差异显著($P < 0.05$)。同时由表 3 可以看出,A、B 两池中转基因鲤和对照鲤随着月龄的增加,性成熟指数(GSI)均有明显的上升趋势,但差异并不显著($P > 0.05$);但 B 池各月份两种鲤的性成熟指数均大于 A

池的。

表 2 转基因鲤和对照鲤的充塞度指数
Table 2 The filling index of the transgenic carp and the control

组别 Groups	尾数 Individuals	充塞度指数(尾数:所占样本数的百分比/%) Filling index (individuals:percentage/%)					肠长/cm Intestinal length	肠长比 The ratio of intestinal length and body length
		0	1	2	3	4		
A-7-Z	28	1:3.3	9:33.3	10:33.3	2:6.7	6:23.3	47.66	2.43
B-7-Z	28		11:36.7	14:56.7	3:6.7		41.98	2.46
A-7-D	27	6:20.0	10:40.0	6:23.3	1:3.3	4:13.3	53.81	2.29
B-7-D	23	1:10.3	12:44.8	7:27.6	1:3.4	2:13.8	42.26	2.23
A-8-Z	28	1:3.4	1:3.4	5:17.2	11:41.4	10:34.5	57.10	2.58
B-8-Z	27	10:33.3	15:56.7	2:10.0			57.95	3.03
A-8-D	24		1:6.9	1:3.4	9:34.5	13:55.2	60.65	2.37
B-8-D	26	2:7.1	21:85.7	1:3.6	1:3.6	1:3.6	53.90	2.50
A-9-Z	30						61.29	2.39
B-9-Z	26						53.51	2.60
A-9-D	28						62.46	2.23
B-9-D	29						54.09	2.44

注:9月份的充塞度数据丢失

表 3 转基因鲤和对照鲤的性腺发育时期和成熟系数
Table 3 The stages of gonadal development and GSI of the transgenic carp and the control

组别 Groups	尾数 Individuals	性腺发育情况(尾数:所占样本百分数/%) Gonad development (individuals:percentage/%)			性腺重/g Gonad weight	性腺重/体重 Gonad weight/body weight	空壳重/g Shell weight	GSI
		II	III	IV				
A-7-Z-C	10	6:60	4:40		1.02	0.00352	254.06	0.387
B-7-Z-C	9	9:100			0.85	0.00437	168.91	0.49
A-7-D-C	8	5:62.5	3:37.5		1.71	0.00442	3.51.72	0.670
B-7-D-C	9	9:100			0.63	0.00274	195.47	0.31
A-7-Z-X	10	6:60	4:40		1.86	0.00688	238.22	0.817
B-7-Z-X	10	4:40.0	6:60.0		1.36	0.00834	148.94	1.47
A-7-D-X	6	5:83.3	1:16.7		1.52	0.00364	366.05	0.481
B-7-D-X	6	5:83.3	1:16.7		1.51	0.00587	214.52	1.27
A-8-Z-C	10	5:50.0	5:50.0		3.27	0.00741	388.08	0.741
B-8-Z-C	13	12:92.3	1:7.7		2.24	0.00959	222.61	0.96
A-8-D-C	10	6:60.0	4:40.0		2.60	0.00568	419.82	0.613
B-8-D-C	12	12:100			2.73	0.00759	324.35	0.73
A-8-Z-X	8	1:12.5	6:75.0	1:12.5	7.25	0.01722	380.76	1.803
B-8-Z-X	7	1:14.3	3:42.9	3:42.9	4.72	0.02115	198.3	2.25
A-8-D-X	9		7:77.8	2:22.2	6.07	0.01067	524.75	1.687
B-8-D-X	7		6:85.7	1:14.3	7.43	0.01924	368.8	2.43
A-9-Z-C	14	3:21.4	11:78.6		4.38	0.00796	497.94	0.796
B-9-Z-C	12	7:58.3	5:41.6		2.98	0.02082	249.06	1.41
A-9-D-C	10	4:40.0	6:60.0		7.98	0.01019	638.48	0.958
B-9-D-C	9	5:55.6	4:44.4		2.61	0.00997	323.27	0.85
A-9-Z-X	6		4:66.7	2:33.3	24.37	0.04006	521.25	4.006
B-9-Z-X	7		5:71.4	2:28.6	13.71	0.04833	245.24	4.87
A-9-D-X	9		3:33.3	6:66.7	25.59	0.03596	609.67	3.596
B-9-D-X	11		5:45.5	6:54.5	12.79	0.03377	264.06	3.97

注:C代表雌鲤,X代表雄鲤,GSI指性成熟指数

3 讨论

3.1 转基因鲤和对照鲤体重增长率及消化能力分析

本实验以转大麻哈鱼生长激素基因鲤 F₃ 作为研究对象,研究其在饥饿和饱食状态下是否都具有快速生长的特性。由于转基因鲤和对照鲤个体间存在体重差异,因此本研究采用相对体重增长率分别反映两种鲤的生长情况。结果表明转基因鲤无论是在饱食还是在半饥饿状态下,体重增长率均超过对照鲤,说明转大马哈鱼生长激素基因鲤具有明显的生长优势,通过基因工程育种方式培育鲤养殖新品种是可行的。

研究中的转基因鲤和对照鲤生长所需能量主要来自于人工投喂的颗粒饲料。由于是同池混养,两种实验鱼之间存在摄食竞争。饱食情况下,转基因鲤和对照鲤的饲料占有情况无明显差异($P > 0.05$);半饥饿条件下,转基因鲤的肠道充塞度略低于对照鲤(表2),但是转基因鲤生长速度仍然大于同池对照鲤。已有研究表明鱼类肠管的长短实际上从一个侧面反映了食物消化的难易^[24-25]。本研究发现转基因鲤的肠长/体长比均显著大于对照鲤($P < 0.05$),由此可以推测转基因鲤可能具有较高的饵料转化率,或者说具有较强的消化吸收能力,该研究结果与李德亮等^[26]的报道结果是相符的。由此,推测转基因鲤快速生长的特性可能是通过提高鱼体对饲料的转化率来实现的,生长激素基因可能使转基因鲤的肠管更长,消化吸收能力更强,具体生理机制还有待进一步研究。

3.2 转基因鲤和对照鲤生殖竞争分析

Rowe 等提出假说,鱼类完成性成熟其身体贮能要达到一定临界阈值^[27],即鱼类只有体重达到一定标准,才将剩余能量用于性腺发育。本研究以池塘作为一个封闭的水体环境,将转基因鲤和同种普通鲤进行混养,比较转基因鲤和普通鲤性腺发育方面的异同,同时采用体重体长方程($W = bL^a$)^[28-33]来反映两组实验鱼在相同水体环境中的生长规律。体重体长方程中参数 a 表示鱼类生长发育的不均匀性,这种不均匀性反映鱼类的生长速率,比较 a 值接近 3 的程度,可以判断两种鱼的生长速率及所处的生长阶段^[34]。 $a < 3$,生长速率快,处于幼鱼阶段, $a > 3$,生长速率小,处于成鱼阶段。由表3数据可知,B池中9月份的转基因鲤 a 值为 3.007 ($a > 3$),说明9月份的转基因鲤已经成熟,生长已接近匀速;而此时对照鲤 a 值为 2.061 ($a < 3$),说明对照鲤仍处于幼鱼时期。另一方面,B池中转基因鲤和对照鲤性腺发育进程基本同步,但是从相对性腺重可知,9月份转基因鲤的性腺相对重量大于对照鲤,且差异显著($P < 0.05$);从 GSI 数据可知,转基因鲤的性腺成熟度高于对照鲤。此结果从侧面反映了转基因鲤的性腺发育稍快于对照鲤,生殖能力具有一定优势。

4 小结

实验从不同角度比较转基因鲤和对照鲤的生长和生殖竞争,结果表明转基因鲤无论在饱食还是半饥饿状态,其生长速度和性腺发育均优于对照鲤,说明转基因鲤具有较强的生存能力,在进行养殖过程中,需要注意加强生态安全风险意识,防止转基因鲤逃逸,避免对野生鲤的遗传背景产生干扰。

References:

- [1] Devlin R H, D'Andrade M, Uh M, Biagi C A. Population effects of growth hormone transgenic coho salmon depend on food availability and genotype by environment interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101 (25): 9303-9308.
- [2] Saunders R L, Fletcher G L, Hew C L. Smolt development in growth hormone transgenic Atlantic salmon. *Aquaculture*, 1998, 168:177-193.
- [3] Oakes J D, Higgs D A, Eales J G, Devlin R H. Influence of ration level on the growth performance and body composition of non-transgenic and growth-hormone-transgenic coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 2007, 265: 309-324.
- [4] Rahman M A, Maclean N. Growth performance of transgenic tilapia containing an exogenous piscine growth hormone gene. *Aquaculture*, 1999, 173: 333-346.
- [5] Martínez R, Juncal J, Zaldivar C, Arenal A, Guillén I, Morera V, Carrillo O, Estrada M, Morales A, Estrada M P. Growth efficiency in Transgenic Tilapia (*Oreochromis sp.*) carrying a single copy of an homologous cDNA growth hormone. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2000, 267(1): 466-472.
- [6] Sun X W, Liang L Q, Yan X C, Cao D C. The faster growth effect of transgenic common carp with growth hormone gene and its progenies. *Journal*

- of Fisheries of China, 2002, 26(5): 391-395.
- [7] Wang Y, Hu W, Wu G Sun Y H, Chen S P, Zhang F Y, Zhu Z Y, Feng J X, Zhang X R. Genetic analysis of 'all-fish' growth hormone gene transferred carp (*Cyprinus Carpio* L.) and its F1 generation. Chinese Science Bulletin, 2001, 46(14): 1174-1177.
- [8] Liang L Q, Sun X W, Cao D C, Yan X C. Endurance ability of transgenic common carp under different environmental conditions. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(12): 1719-1720.
- [9] Yan X C, Sun X W, Liang L Q, Cao D C. Comparative research on the economic traits of transgenic common carp with GH gene and normal common carp. Journal of Northeast Forestry University, 2002, 30(6): 54-56.
- [10] Li D L, Fu C Z, Hu W, Zhong S, Wang Y P, Zhu Z Y. Rapid growth cost in "all-fish" growth hormone gene transgenic carp: Reduced critical swimming speed. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(11): 1501-1506.
- [11] Sun X W, Liang L Q, Yan X C, Cao D C, Zhang L M. Research on transgenic fish as food. High Technology Letters, 1998, 8(3): 45-49.
- [12] Liang L Q, Wang J, Cao D C, Wang X J, Yan X C, Chang Y M, Sun X W. Toxicity analysis of common carp transferred salmon growth hormone gene. Food Science, 2010, (5): 261-265.
- [13] Geng B, Liang L Q, Guan Y T, Sun X W, Lei Q Q, Ouyang H S. Ecological safety assessment of the transgenic carp containing a growth hormone gene using genetic markers. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(3): 1141-1144.
- [14] Yan X C, Sun X W, Liang L Q, Cao D C. Study on growth for super transgenic common carp and its progeny. Chinese Journal of Fisheries, 2004, 17(1): 9-13.
- [15] He D K, Chen Y F, Cai B. Histological studies on the gonadal development of an endemic Tibet fish *Gymnocypris namensis*. Acta Hydrobiologica Sinica, 2001, 25(1): 1-8.
- [16] Yin H B, Jia Z H, Yao D X, Sun Z W, Yu B, Sun D Z. Sex differentiation in pelteobagrus fulvidraco. Chinese Journal of Zoology, 2008, 43(6): 103-108.
- [17] Ma X K, Liu X Z, Wen H S, Xu Y J, Zhang L J. Histological observation on gonadal sex differentiation in *Cynoglossus semilaevis* Günther. Marine Fisheries Research, 2006, 27(2): 55-61.
- [18] Lou Y D, Zheng D C, Huang W H. Histoembryology. Beijing: China Agriculture Press, 1981: 152-231.
- [19] Yan X C, Sun X W, Liang L Q, Cao D C. Comparative research on the economic traits of transgenic common carp with GH gene and normal common carp. Journal of Northeast Forestry University, 2002, 30(6): 54-56.
- [20] Hua Y Y, Ruan J R. Study on the relationship between body weight and body dimensions in fish. Acta Hydrobiologica Sinica, 1983, 8(1): 45-61.
- [21] Zhang J H, Wang S Y. Studies on the anatomy of intestine of varicorhinus macrolepi. Journal of Shengdong Agricultural University: Natural Science Edition, 2003, 34(4): 579-581.
- [22] Xu H G, Xue D Y, Liu B, Wang C Y. Biosafety assessment and risk management for genetically modified organisms in China. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 2008: 333-334.
- [23] He D K, Chen Y F, Chen Z M, Cai B. Histological studies on the gonadal development of *Gymnocypris selincuoensis*. Journal of Fisheries of China, 2001, 25(2): 97-103.
- [24] Lin H R. Fish Physiology. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 2007: 36-58.
- [25] Tong S L. Fish Physiology. Beijing: Science Press, 1988: 253-255.
- [26] Li D L, Fu C C, Hu W, Zhu Z Y. Advance on bioenergetics of growth hormone transgenic fishes. Acta Hydrobiologica Sinica, 2010, 34(1): 204-209.
- [27] Rowe D K, Thorpe J E, Shanks A M. Role of fat stores in the maturation of male *Atlantic salmon* (*salma salar*) Parr. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1991, 48: 405-413.
- [28] Adolph S C, Hardin J S. Estimating phenotypic correlations: correcting for bias due to intraindividual variability. Functional Ecology, 2007, 21: 178-184.
- [29] Muto E Y, Soares L S H, Rossi-Wongtschowski C L D B. Length-weight relationship of marine fish species off São Sebastião System, São Paulo, Southeastern Brazil. NAGA: The Iclarm Quarterly, 2000, 23(4): 27-29.
- [30] Khaironizam M Z, Norma-Rashid Y. Length-weight relationship of *Mudskippers* (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of Selangor, Malaysia. Global Ecology and Biogeography Letters, 2002, 25(3,4): 19-21.
- [31] Özyaydin O, Taskavak E. Length-weight relationships for 47 fish species from *Izmir Bay* (eastern Aegean Sea, Turkey). Acta Adriatica, 2006, 47(2): 211-216.
- [32] Pervin M R, Mortuza M G. Notes on length-weight relationship and condition factor of fresh water fish, *Labeo boga* (Hamilton) (Cypriniformes: Cyprinidae). Rajshahi University Zoological Society, 2008, 27: 97-98.

- [33] Ricker W E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin / Fisheries Research Board of Canada*, 1975, 191: 1-382.
- [34] Pan W Z, Wang P, Zhao C G, Qi J G. Preliminary study on propagation biology and artificial breeding of pseudobagras ussuriensis. *Chinese Journal of Fisheries*, 2001, 14(2): 1-3.

参考文献:

- [6] 孙效文, 梁利群, 闫学春, 曹顶臣. 转生长激素基因鲤的快速生长效应及传代. *水产学报*, 2002, 26(5): 391-395.
- [8] 梁利群, 孙效文, 曹鼎臣, 闫学春. 转基因鲤对几种环境因子耐受能力的研究. *应用生态学报*, 2002, 13(12): 1719-1720.
- [9] 闫学春, 孙效文, 梁利群, 曹顶臣. 转生长激素基因鲤鱼与正常鲤鱼经济性状的比较. *东北林业大学学报*, 2002, 30(6): 54-56.
- [11] 孙效文, 梁利群, 闫学春, 曹鼎臣, 张利民. 转基因鲤鱼作为食物的研究. *高技术通讯*, 1998, (3): 45-49.
- [12] 梁利群, 王静, 曹顶臣, 王晓军, 闫学春, 常玉梅, 孙效文. 转大麻哈鱼生长激素基因鲤食用安全毒性分析. *食品科学*, 2010, (5): 261-265.
- [13] 耿波, 梁利群, 关云涛, 孙效文, 雷清泉, 欧阳红生. 转大麻哈鱼生长激素基因鲤生态安全性检测与分析. *生态学报*, 2007, 27(3): 1141-1144.
- [14] 闫学春, 孙效文, 梁利群, 曹鼎臣. 转基因超级鲤及子代的生长研究. *水产学杂志*, 2004, 17(1): 9-13.
- [15] 何德奎, 陈毅峰, 蔡斌. 纳木错裸鲤性腺发育的组织学研究. *水生生物学报*, 2001, 25(1): 1-8.
- [16] 尹洪滨, 贾中贺, 姚道霞, 孙中武, 于波, 孙德志. 黄颡鱼性腺分化的组织学观察. *动物学杂志*, 2008, 43(6): 103-108.
- [17] 马学坤, 柳学周, 温海深, 徐永江, 张立敬. 半滑舌鳎性腺分化的组织学观察. *海洋水产研究*, 2006, 27(2): 55-61.
- [18] 娄允东, 郑德崇, 黄文浩. *组织胚胎学*. 北京: 农业出版社, 1981: 152-231.
- [19] 闫学春, 孙效文, 梁利群, 曹顶臣. 转生长激素基因鲤鱼与正常鲤鱼经济性状的比较. *东北林业大学学报*, 2002, 30(6): 54-56.
- [20] 华元渝, 阮景荣. 鱼类的重量-身体维数关系的研究. *水生生物学集刊*, 1983, 8(1): 45-61.
- [21] 张金花, 王树迎. 泰山螭霖鱼肠道的解剖学研究. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2003, 34(4): 579-581.
- [22] 徐海根, 薛达元, 刘标. *中国转基因生物安全性研究与风险管理*. 北京: 中国环境科学出版社, 2008, 7: 333-334.
- [23] 何德奎, 陈毅峰, 陈自明, 蔡斌. 色林错裸鲤性腺发育的组织学研究. *水产学报*, 2001, 25(2): 97-103.
- [24] 林浩然. *鱼类生理学*. 广州: 广东高等教育出版社, 2007: 36-58.
- [25] 童裳亮. *鱼类生理学*. 北京: 科学出版社, 1988: 253-255.
- [26] 李德亮, 傅萃长, 胡炜, 朱作言. 转生长激素基因鱼的生物能量学研究进展. *水生生物学报*, 2010, 34(1): 204-209.
- [34] 潘伟志, 王鹏, 赵春刚, 戚继刚. 乌苏里拟鲮人工繁育技术及开发利用-乌苏里拟鲮繁殖生物学及人工催产初步研究. *水产学杂志*, 2001, 14(2): 1-3.

2008 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2009 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	8956	1	生态学报	1.669
2	应用生态学报	7979	2	植物生态学报	1.656
3	植物生态学报	3742	3	应用生态学报	1.632
4	西北植物学报	3584	4	生物多样性	1.474
5	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3460	5	生态学杂志	1.276
6	植物生理学通讯	3187	6	植物学通报	1.058
7	生态学杂志	3148	7	西北植物学报	1.046
8	遗传学报	2142	8	植物生理与分子生物学 学报	1.034
9	植物生理与分子生物学学报	1855	9	遗传学报	0.887
10	昆虫学报	1580	10	遗传	0.835

★《生态学报》2008 年在核心版的 1868 种科技期刊排序中总被引频次 8956 次,全国排名第 2; 影响因子 1.669,全国排名第 14;第 1~8 届连续 8 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 30 卷 第 21 期 (2010 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 21 2010

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

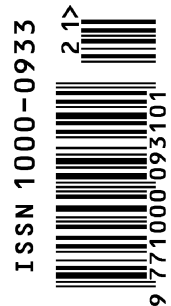
Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元