

美国品系尼罗罗非鱼的选育及其效果分析

罗永巨¹, 曹谨玲², 陈剑杰², 龚竹林³, 甘西¹

(1. 广西水产研究所, 广西 南宁 530021; 2. 山西农业大学 动物科技学院, 山西 太谷 030801; 3. 广西水产畜牧学校, 广西 南宁 530021)

摘要: 采用闭锁群体继代选育的方法 (Closed population continuing selection and breeding method) 对美国品系尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 进行提纯选育, 并利用选育获得的尼罗罗非鱼亲本作为母本, 奥利亚罗非鱼 (*Oreochromis aureus*) 作为父本进行杂交生产子一代 (简称“美奥”罗非鱼), 再对子一代开展网箱养殖对比实验, 以养殖实验的结果来评价选育尼罗罗非鱼的效果。结果表明: (1) 实验组美国品系尼罗罗非鱼雌性后备亲本留种率 P_2 世代分别比第 P_0 、 P_1 世代提高了 103.16% 和 35.92%, P_1 世代比 P_0 世代提高了 49.47%, 远高于同期未经选育的美国品系尼罗罗非鱼; (2) 实验组“美奥”罗非鱼杂交组合的雌性亲本产苗量高达 21.5 万尾, 高于对照组的 21.2 万尾; 实验组产苗前期、高峰期和后期后代雄性率分别为 96.27%、97.01% 和 95.70%, 高于对照组的 94.37%、95.65% 和 94.18%, 但均呈现先升高后降低的变化趋势; (3) 经过选育的“美奥”罗非鱼平均体长、平均体质量、绝对增重率、绝对增长率、特定生长率和生长指标均显著高于对照组 ($P < 0.05$); 600 g 以上的罗非鱼所占的比例由对照组的 51.2% 增加到 64.6%, 增幅达到 26.2%; 头部比例有变小的趋势, 头长/体长在 0.30 以下的比例由对照组的 19.0% 上升到 32.07%, 增幅达 68.8%; 实验组“美奥”罗非鱼的雄性率、单产及肥满度等主要经济指标均比对照组显著提高 ($P < 0.05$)。以上结果表明, “美奥”罗非鱼的选育效果良好, 可为“尼奥”罗非鱼的苗种生产提供亲本保障。[中国水产科学, 2010, 17(5): 951-959]

关键词: 美国品系尼罗罗非鱼; 闭锁群体继代选育; 留种率; 产苗量; 雄性率; 生产性能

中图分类号: S917

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)05-0951-09

罗非鱼 (*Tilapia*) 为热带鱼类, 原产于非洲, 在分类学上属于鲈形目 (Perciformes)、丽鱼科 (Cichlidae)。因其具有生长快、易饲养、适应性强、肉质细嫩鲜美等优点, 而且对水质要求较低, 适合于池塘、水库、网箱、流水、工厂化等各种养殖模式, 现已成为中国水产业的六大优势养殖品种之一。但是, 罗非鱼类很容易在种间自行杂交^[1], 近年来, 近亲繁殖、亲本混杂等原因导致罗非鱼类的退化和混杂, 在相同养殖条件下, 尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 的变异种群比原种的增重率低 17.20% ~ 20.50%^[2], 严重降低了商品鱼的质量和产量, 加之缺乏有效的罗非鱼

种质鉴别技术、制种和保种机制, 致使出现了品种混杂、种质严重退化、经济性状衰退、杂种子一代雄性率不高、良种鱼苗供应短缺等制约中国罗非鱼养殖业发展的一系列严峻问题。解决良种繁育生产是实现罗非鱼产业化的首要问题。

闭锁群体继代选育法 (Closed population continuing selection and breeding method) 是畜禽动物育种常用的基本方法之一, 具有品系种质易于保证的优点, 既能限制每个世代的近交增量, 避免近交退化, 又可在品系建成时达到预期的平均近交水平, 使主选性状的纯合度得以提高, 而且其选育进展明显高于其他

收稿日期: 2010-01-06; 修订日期: 2010-02-25.

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项经费项目 (3-49); 现代农业产业技术体系建设专项资金资助 (nycytx-48); 南宁市科技局农业优势产业重大科技专项 (200801016B); 广西壮族自治区直属公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助 (2060302 GXIF-2008-01); 山西农业大学科研启动基金 (XB2007003).

作者简介: 罗永巨 (1968-), 男, 高级工程师, 主要从事罗非鱼苗种繁育及其养成等研究工作. Tel: 0771-5351525; E-mail: lfylzc123@163.com

通讯作者: 甘西, 男, 研究员, 从事水生生物遗传育种研究. Tel: 0771-5317682; E-mail: Ganxien@126.com

传统的选育方法。目前,该法已经应用到猪^[3]、羊^[4]、兔^[5]、蜂^[6]等动物的选育,但在鱼类的选育中未见相关报道。

鉴于此,本研究于2003年从中国水产科学研究院淡水渔业研究中心引进美国品系尼罗罗非鱼(American strain of Nile tilapia),采用闭锁群体继代选育法,以生长速度、尾鳍条纹的清晰整齐度和体型等为主选性状,对美国品系尼罗罗非鱼进行了2个世代选育,并利用选育获得的尼罗罗非鱼亲本作母本,奥利亚罗非鱼(*Oreochromis aureus*)作父本进行杂交,生产子一代,再对子一代开展网箱养殖对比实验,以养殖实验的结果来评价选育尼罗罗非鱼的效果,以期选育出品质优良的尼罗罗非鱼新品系,并为“尼奥”罗非鱼的苗种生产提供亲本保障。

1 材料与方法

1.1 实验材料

美国品系尼罗罗非鱼系广西水产研究所于2003年6月从中国水产科学研究院淡水渔业研究中心引进种苗,数量为51 520尾,以下简称“美尼”罗非鱼,引进后投放在水深2.0 m,面积为2 200 m²的池塘培育。

自群繁育实验组的亲本为经过闭锁群体继代选育的P₀、P₁及P₂代“美尼”罗非鱼,各代分别选择100尾雌鱼和50尾雄鱼,配组及越冬均在100 m²的水泥池中进行。对照组为对应同期的按照生产选留标准选留的“美尼”罗非鱼,各代同样分别选择100尾雌鱼和50尾雄鱼,配组在100 m²的水泥池中进行。实验组及对照组自群繁育后代均分别在水深2.0 m、面积为2 200 m²的池塘培育。

杂交组合实验中实验组的母本为“美尼”罗非鱼,从经过闭锁群体继代选育获得的后备亲本(P₂)中随机取100尾雌鱼,平均规格为0.51 kg/尾,对照组的母本也是“美尼”罗非鱼,从对应同期的按照生产选留标准选留的后备亲本中随机取100尾雌鱼,平均规格为0.49 kg/尾;父本均为奥利亚罗非鱼,分别从同期选育的后备亲本中选择表型性状好并且体型较大的50尾雄鱼,平均规格为0.50 kg/尾。

养殖性能评估实验的实验组“美奥”罗非鱼鱼种为经过闭锁群体继代选育的雌性尼罗罗非鱼亲本(P₂)和雄性奥利亚罗非鱼杂交生产的鱼苗;对照组“美奥”罗非鱼为未经过闭锁群体继代选育的同期尼罗罗非鱼亲本(♀)和奥利亚罗非鱼(♂)杂交生产的鱼苗。

选育在国家级广西南宁罗非鱼良种场进行。

1.2 选育方法与技术措施

1.2.1 选留标准

(1)生产选留标准 形态学特征:明显地符合尼罗罗非鱼标准^[7];外观标准:健康无疾病、无畸形、体色和条纹无变异等;体型标准:每次挑选前,随机抽样250尾罗非鱼,测量体长、体质量、头长、躯干长、背高等并计算其平均值,对所得的平均值进行评估,确定各阶段的选留标准。

(2)选留系的选留标准 在生产选留标准的基础上,选择尾鳍条纹没有交叉,并且清晰明显,以及生长速度排在前110位的雌鱼、生长速度排在前60位的雄鱼。

(3)选育次数及强度 每个世代分别在培育60 d、90 d、120 d及后备亲鱼越冬培育配组前,严格按照制定的选留标准进行4次选留。

1.2.2 选育方法

(1)零世代基础群的组建 把引进的美国品系尼罗罗非鱼种苗放在池塘里,按照常规方法进行奠基群体培育。在培育过程中,按照制定的生产选留标准,共进行4次选留,最终每个奠基群选留160尾左右(♀:♂=2:1)生长最快且尾鳍条纹最好的个体组建基础群(P₀)。

(2)闭锁群体继代选育 即基础群组建后,各世代均不再引入种鱼,实行闭锁繁育。采用随机交配进行自群繁育,并按事先制定的标准进行下一代选留,1年1个世代,实行全群淘汰,整体更新。

(3)世代选留 按照制定的生产选留标准,进行各个世代的选留,每个世代进行4次选留,最终1世代(P₁)选留160尾左右(♀:♂=2:1)生长最快且尾鳍条纹最好的个体,2世代(P₂)选留后备雌性亲本8 000尾左右、雄性500尾左右。

1.2.3 亲本留种率计算方法 亲本留种率=越冬培育后备亲本留种数量/种苗下塘培育时数量×100%。

1.3 杂交组合实验

1.3.1 亲鱼配组及产苗 2006年3月15日,随机挑选形态特征明显、成熟度好的健康亲鱼,放入繁育池(100 m²×1.5 m)中配组(1尾雌鱼和0.5尾雄鱼/m²)。从2006年4月5日开始,各池陆续见苗,生产的鱼苗放在3 m×2 m×0.8 m的水池中暂养。每天早晚分别测定1次池内的水温。从捞苗开始,每天记录各池的产苗情况。实验于2006年10月15日结束。

1.3.2 杂交组合不同时期繁育后代的雄性率测定 分别在繁殖前期(2006年4月)、高峰期(2006年5月)及后期(2006年9月)各取鱼苗2 000尾左右,投放在3个20 m²的水泥池中按常规方法进行培育。当培育到体长13 cm左右以后,每个池随机抽取1 000尾左右进行雌雄性别鉴定,并计算雄性率。

1.4 “美奥”杂交罗非鱼网箱养殖性能评估

1.4.1 网箱实验设计 实验在6个3 m×2 m×2.5 m的双层封闭式网箱(网目1.2 cm)中进行,采用同池比较法进行养殖性能评估实验。实验组和对照组各设3个重复,每个重复中投放鱼种900尾,实验组和对照组放养时的平均体质量分别为(50.20±0.10)g和(49.80±0.31)g,差异不显著($P>0.05$)。网箱置于国家级广西南宁罗非鱼良种场的温泉水池塘,面积4 000 m²,水深2.5 m,泉水涌出量为100~150 m³/h。每隔60 d测量1次生长情况。实验于6月15日开始,11月15日结束,共计150 d。

1.4.2 养殖性能测定 实验开始后每隔60 d从每个网箱随机抽取50尾鱼进行生长性能测定。在实验结束时,每组分别随机抽取1 000尾左右(3个重复实验网箱中各抽取330尾左右)进行雄性率的测定;每组分别随机抽取1 500尾鱼进行出肉率的测定(测定工作委托广西南宁百洋食品有限公司进行,以公司正常生产罗非鱼片的生产工艺为准);每组分别随机抽取150尾鱼(3个重复实验网箱中各抽取50尾左右)进行头长和体长的测定,计算罗非鱼的头

长/体长;统计实验期间各实验组和对照组配合颗粒饲料投喂量(青饲料忽略不计)及体质量增加量,计算饵料系数;从养殖实验开始,详细记录每组的死鱼数量,然后分别计算各组的成活率。

1.5 数据统计分析

罗非鱼的生长参数按下式计算^[8]:

$$\text{绝对增重率 } \text{AGR}_w (\text{g/d}) = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$$

$$\text{绝对增长率 } \text{AGR}_l (\text{cm/d}) = (L_2 - L_1) / (t_2 - t_1)$$

特定增重率 $\text{SGR}_w (\%/d) = [(\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)] \times 100$

$$\text{生长指标} = (\lg L - \lg L_0) / 0.434 3 \times L_0$$

变异系数 $\text{CV} = \text{SD} / X \times 100\%$ (SD为标准差, X为平均值)

$$\text{饱满度 } K = \text{体质量} (\text{g}) / \text{体长}^3 (\text{cm}^3) \times 100$$

$$\text{雄性率} = \frac{\text{雄鱼数量}}{\text{鱼总数量}} \times 100\%$$

$$\text{饵料系数} = \frac{\text{总投饵量}}{\text{总增重量}} \times 100\%$$

$$\text{成活率} = \frac{\text{成活鱼数量}}{\text{鱼总放养量}} \times 100\%$$

式中 W_2 、 W_1 分别为时间 t_2 和 t_1 时的体质量; L_2 、 L_1 分别为时间 t_2 和 t_1 时的体长。

使用SPSS13.0软件对实验数据进行处理,进行方差分析、显著性检验和LSD多重比较,测定“美奥”杂交罗非鱼实验组和对照组间的差异。分析结果以平均值±标准差($\bar{x} \pm \text{SD}$)表示。

2 结果与分析

2.1 选留系自群繁育配组及产苗情况

每年4月中旬,把经过越冬培育的 P_0 、 P_1 及 P_2 “美尼”罗非鱼,分别选择100尾雌鱼和50尾雄鱼配组在100 m²的水泥池中, P_0 、 P_1 及 P_2 各世代自群繁育配组时的雌、雄亲鱼平均体质量分别为0.41 kg (♀)、0.46 kg (♂)、0.45 kg (♀)、0.51 kg (♂)、0.50 kg (♀)、0.54 kg (♂)。同期对照组配组时的雌、雄亲鱼平均体质量分别为0.38 kg (♀)、0.45 kg (♂)、0.40 kg (♀)、0.50 kg (♂)、0.43 kg (♀)、0.51 kg (♂)。

实验组 P_0 、 P_1 及 P_2 第1次产苗高峰期分别出现在2004年5月28日、2005年5月26日和2006年5月5

日,产苗量分别为5.3万尾、5.4万尾和5.9万尾,整个产苗周期的产苗量分别为45.9万尾、46.8万尾和49.2万尾。同期对照组P₀、P₁和P₂“美尼”罗非鱼第1次产苗高峰期分别出现在2004年5月27日、2005年5月26日和2006年5月4日,相同数量亲本配组产苗量分别为5.2万尾、5.3万尾和5.7万尾,整个产苗周期的产苗量分别为44.3万尾、45.4万尾和47.6万尾。

2.2 选留系后备雌性亲本选留数量及留种率

实验组P₀、P₁及P₂“美尼”罗非鱼后备雌性亲本选留数量分别为4 890尾、7 100尾及9 650尾,P₀、P₁、P₂雌性后备亲本留种率分别为9.5%、14.2%和19.3%,P₂分别比P₀、P₁提高了103.16%和35.92%,P₁比P₀提高了49.47%,平均选育进展为51.58%。同期对照组P₀、P₁及P₂“美尼”罗非鱼后备雌性亲本选留数量分别为4 450尾、4 650尾及4 750尾,雌性后备亲本留种率分别为8.9%、9.3%和9.5%,P₂分别比P₀、

P₁提高了6.74%和2.15%,P₁比P₀提高了4.49%。

2.3 “美奥”罗非鱼杂交组合产苗情况

实验组“美奥”杂交罗非鱼从2006年4月5日开始产苗,其产苗高峰出现时间为5月4日,整个产苗周期产苗量达21.5万尾。同时,对4~10月水温及产苗量进行统计分析,结果表明,水温对产苗具有很大的影响,产苗最理想的温度为26~29℃(表1)。从4月份开始,随着气温的升高,产苗量迅速上升,5月份达到高峰,为6.7万尾;然后气温超过最适产苗温度,产苗量开始下降,至7月份降到最低点,为1.3万尾;当进入8月份后,气温开始下降,产苗量又有所回升,到9月份达2.4万尾;因10月份只统计了15 d的产苗量,未将其进行分析。

对照组从2006年4月6日开始产苗,其产苗高峰出现时间为5月5日,产苗量达21.2万尾。水温对产苗的影响及产苗量的变化趋势和实验组相同。

表1 不同月份水温变化及“美奥”杂交罗非鱼产苗情况
Tab. 1 Changes of water temperature and production of hatchlings of “Mei-Ao” hybrid tilapias from April to October

指标 Indicator	月份 Month						
	4月 April	5月 May	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September	10月 October
水温/℃ Water temperature	25.2	28.7	30.6	31.9	29.6	27.5	26.4
产苗量/×10 ³ Production of hatchling							
实验组 Test group	3.8	6.7	5.2	1.3	1.9	2.4	0.2
对照组 Control group	3.7	6.6	5.2	1.4	1.8	2.3	0.2

2.4 “美奥”罗非鱼杂交组合不同时期繁育后代的雄性率

“美奥”罗非鱼杂交组合4月、5月和9月份繁殖后代的雄性率分别为96.27%、97.01%和95.70%,对照组在这3个时期的雄性率分别为94.37%、95.65%和94.18%,均呈现先低到高再到低的趋势,这可能与不同时期的产苗量及水温有关。3个时期平均雄性率实验组为96.33%,对照组为94.73%。

2.5 “美奥”杂交罗非鱼的生长性能

2.5.1 “美奥”杂交罗非鱼的生长速度 不同养殖时期鱼的体质量、绝对增重率、特定增重率见表2。在实验各期实验组鱼平均体质量均高于对照组,其

中10月15日与11月15日时的体质量显著高于对照组($P<0.05$);在实验各期,实验组鱼的绝对增重率和特定生长率均高于对照组,其中2006年10月15日和11月15日,实验组鱼的绝对增重率和特定生长率显著高于对照组($P<0.05$)。

不同养殖时期鱼的体长、绝对增长率、生长指标见表3。在实验各期实验组鱼的平均体长均显著高于对照组($P<0.05$);在实验各期,实验组鱼的绝对增长率和生长指标均显著高于对照组($P<0.05$)。

2.5.2 变异系数 不同养殖时期鱼的体质量、体长变异系数见表2、表3。由表2可知,在实验的后2个阶段,实验组的体质量变异系数分别为0.114和

表2 “美奥”杂交罗非鱼体质量生长状况
Tab. 2 Body weight growth of “Mei-Ao” hybrid tilapias in test and control group after different culture duration
n = 3; $\bar{x} \pm SD$

指标 Indicator	取样日期 Sampling date	组别 Group	
		实验组 Test	对照组 Control
体质量/g Body weight	2006-08-15	321.5±9.95	317.8±4.6
	2006-10-15	596.9±6.818*	511.2±13.93
	2006-11-15	729.9±20.27*	649.7±21.27
绝对增重率/(g·d ⁻¹) Absolute growth rate	2006-08-15	4.52±0.13	4.45±0.06
	2006-10-15	4.56±0.05*	3.85±0.1
	2006-11-15	4.53±0.12*	4.00±0.13
特定增重率/(%·d ⁻¹) Specific growth rate	2006-08-15	3.095±0.053	3.088±0.034
	2006-10-15	2.063±0.010*	1.940±0.028
	2006-11-15	2.231±0.024*	2.140±0.032
变异系数/% CV	2006-08-15	3.095	1.447
	2006-10-15	0.114*	2.724
	2006-11-15	2.777*	3.274

注: *表示与对照组差异显著($P < 0.05$).

Note: Groups with “*” are significantly different from control ($P < 0.05$).

表3 “美奥”杂交罗非鱼体长生长状况
Tab. 3 Body length growth of “Mei-Ao” hybrid tilapias in test and control group after different culture duration
n = 3; $\bar{x} \pm SD$

指标 Indicator	取样日期 Sampling date	组别 Group	
		实验组 Test	对照组 Control
体长/cm Body length	2006-08-15	19.7±0.1*	19.4±0.2
	2006-10-15	24.2±0.1*	21.6±0.2
	2006-11-15	25.9±0.1*	25.1±0.18
绝对增长率/(cm·d ⁻¹) Absolute growth rate	2006-08-15	0.163±0.00*	0.16±0.00
	2006-10-15	0.119±0.00*	0.098±0.00
	2006-11-15	0.107±0.00*	0.102±0.00
生长指标 Growth index	2006-08-15	6.812±0.019*	6.692±0.105
	2006-10-15	8.849±0.030*	7.745±0.049
	2006-11-15	9.534±0.076*	9.216±0.027
体质量变异系数/% CV	2006-08-15	0.508*	1.031
	2006-10-15	0.413*	0.926
	2006-11-15	0.386*	0.717

注: *表示与对照组差异显著($P < 0.05$).

Note: Groups with “*” are significantly different from control ($P < 0.05$).

2.777, 分别比对照组降低了95.81%和15.18%; 由表3可知, 在实验各期, 实验组鱼的体长变异系数分别为0.508、0.413、0.386, 分别比对照组降低50.73%、

55.40%、46.16%, 说明经过选育后的“美奥”杂交罗非鱼的规格更加整齐。经方差分析和LSD法多重检验, 实验组与对照组差异显著($P < 0.05$)。

2.5.3 “美奥”杂交罗非鱼体质量分布 实验组“美奥”杂交罗非鱼与对照组体质量分布情况见表4。从该表可以看出,经过2世代选育获得的“美尼”罗非鱼(♀)和奥利亚罗非鱼(♂)杂交生产的“美奥”罗非鱼体质量比对照组有所提高:600 g以下的个体所占比例由48.8%下降到35.3%;而体质量介于600~800 g的个体所占比例由47.4%升至59.3%,增幅达25.11%;体质量高于800 g的个体所占比例由3.8%升至5.3%。对600 g以上的个体进行统计分析发现,其所占比例由51.2%升至64.6%,增幅达

26.17%,表明实验组“美奥”罗非鱼的生长速度较对照组明显提高。

2.5.4 “美奥”杂交罗非鱼头部比例分布 由表4可知,“美奥”罗非鱼头长/体长主要介于0.25~0.35之间。经过2世代选育获得的“美尼”罗非鱼(♀)和奥利亚罗非鱼(♂)杂交生产的“美奥”罗非鱼,头部比例有变小的趋势:头长/体长在0.30以下的比例由对照组的19.0%上升到32.07%,增幅达68.79%;头长/体长比例大于0.30的比例由对照组的81.00%下降到67.93%,降幅达19.24%。

表4 “美奥”杂交罗非鱼体质量分布及头部比例分布
Tab. 4 Percentage of body weight and ratio of head length/body length in “Mei-Ao” hybrid tilapias %

组别 Group	体质量分布 Percentage of body weight			头部比例分布 Percentage of head length/body length ratio			
	<600 g	600~800 g	>800 g	0.20~0.25	0.25~0.30	0.30~0.35	0.35~0.40
对照组 Control	48.8	47.4	3.8	1.00	18.00	80.33	0.67
实验组 Test	35.3	59.3	5.3	0.00	32.07	67.93	0.00

2.5.5 主要经济指标 由表5可知,实验组“美奥”杂交罗非鱼平均加工出肉率和养殖成活率分别为37.2%和98.4%,比对照组分别提高了0.6%和0.1%,但与对照组差异不显著($P>0.05$);雄性率为96.5%,比对照组提高1.69%,且差异显著($P<0.05$);肥满度

比对照组高2.20%,且差异显著($P<0.05$);平均单产比对照组提高12.35%,差异显著($P<0.05$),说明利用经过选育后获得的亲本繁育的罗非鱼苗种在生长速度方面得到了普遍提高;饵料系数比对照组有所下降(1.69%),但差异不显著($P>0.05$)。

表5 “美奥”杂交罗非鱼的主要经济指标
Tab. 5 Main economic parameters of “Mei-Ao” hybrid tilapias $n=3; \bar{x} \pm SD$

组别 Group	加工出肉率/% Meat rate	饵料系数 Feed coefficient	养殖成活率/% Survival rate	雄性率/% Percentage of male	肥满度 Relative fatness	平均产量/kg Average production	平均单产/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$) Production per m^2
对照组 Control	36.6	1.80±0.02	98.3±0.46	94.9	4.09±0.06	575.4±1.61	115.0±0.32
实验组 Test	37.2	1.77±0.03	98.4±0.51	96.5	4.18±0.04*	646.5±2.29*	129.3±0.46*

注:平均产量是指实验组和对照组3个网箱的实际总产量除以3所得的每个网箱产量;平均单产是指实验组和对照组3个网箱的实际总产量分别除以3个网箱的实际总面积所得的产量.*表示与对照组差异显著($P<0.05$)。

Note: Average production=actual total production of three cages /3; production per m^2 =actual total production of three cages/area of three cages. Groups with “*” are significantly different from control ($P<0.05$).

3 讨论

3.1 影响选育效果的因素

水温是影响配组时机的最关键因素,最好在水温能稳定保持在20℃以上时再进行配组,因为水温

低于20℃时,一旦操作不当使亲鱼受伤,很容易引发水霉病,而目前并无有效治疗水霉病的方法,一旦患此病,死亡的可能性很大。在其他条件相同的情况下,配组后开始产苗的时间主要取决于水温。根

据本实验结果以及生产实践,一般产苗前1周左右时水温必须稳定保持在24℃以上。第1次产苗高峰期一般出现在距离开始产苗时间20 d左右,整个生产周期共出现2~3次高峰期。在自群繁育期间,采用定期投喂青饲料和在高温季节加深水位或者加盖遮光布控制水温等措施,是保证取得理想产苗结果的技术关键。

不少的资料介绍,罗非鱼繁殖配组的雌雄比例为3:1^[9-13],但根据笔者多年的实践表明,雌雄比例采用2:1,能有效提高产苗量。

为了降低培育的成本,本研究制定的选留标准中规定:培育60 d左右,当体长达到10 cm左右时,第一次挑选采用鱼筛过筛方法直接淘汰10%左右的最小个体。本实验规定存在一定缺陷,因为前期最小个体并不代表培育到后期也小,这就很有可能把优秀的个体淘汰掉。因此,如果条件允许,最好培育到体质量达到0.5 kg/尾以上后,再进行挑选,这样选择的个体才真正具有代表性。

本研究选择第一次产苗高峰期生产的种苗作为继代选育对象,首先因为高峰期生产的种苗比较有代表性;其次高峰期产苗量比较大,规格比较统一;再次为了争取更多的后备亲本培育时间。

闭锁群体继代选育法是畜禽动物育种常用的基本方法之一,其要点是:(1)选集基础群;(2)闭锁繁育;(3)闭锁群体内随机交配;(4)严格选留。本研究将该法引用到水产育种,并根据罗非鱼的具体情况和特点,设计和采用适合罗非鱼改良和新品系选育的方法,对“美尼”杂交罗非鱼亲本进行提纯复壮。为实现本目标,笔者采用在建立足够大数量育种基础群的基础上,制定严格的选留标准,一年一代快速更新等方法,把可能发生的近交系数降低到最低程度,增强了罗非鱼淘汰不利的遗传因子、提高遗传性状稳定性和生产优势的内在因素,从而最大限度地保持和利用了亲本的优良经济性状,在同等亲本繁育的子代中选择相同性状的后备亲鱼逐年增加。本研究的平均选育进展为48.35%,比李太光等^[14]的每年15.00%以上的选育进展高出很多,可能与本研

究选育方法特别是选育强度高有关,说明经2世代选育后符合后备亲鱼指标的亲鱼数量明显增加。投产亲鱼杂交繁育的子代,其雄性率高、饲料系数低、生长速度和平均产量提高。可见,采用该方法来保持罗非鱼优良经济性状是完全可行的。同时,此法对当前其他水产原良种选育、保种以及原良种的建设 and 可持续发展也有重要的参考价值。

3.2 选育效果分析

据INGA^[15]估计,罗非鱼的选择效应为17%,具有较大的选育潜力。此前许多人对尼罗罗非鱼进行系统选育的结果均不理想^[16-18],其主要原因是这些品系均为引进种,奠基群体太小,近亲交配或遗传漂变致使亲本遗传异质性降低,导致选育效果不佳。广西水产研究所于2003年6月15日从中国水产科学研究院淡水渔业研究中心引进“美尼”罗非鱼群体数量大,为51 520尾,有效克服了引种群体过小而造成的不利影响。

在本次实验中,经选育的“美奥”杂交罗非鱼的平均体长、平均体质量、绝对增重率、绝对增长率、特定生长率和生长指标均显著高于对照组($P < 0.05$),说明经过选育的“美奥”杂交罗非鱼在生长速度上有着较大的优势。因此,从本实验可以看出,“美奥”杂交罗非鱼继承了母本生长优势的性状,将亲本优良性状结合在一起,充分发挥了后代的杂种优势;体质量变异系数和体长变异系数均低于对照组,表明经过选育的“美奥”杂交罗非鱼比未选育的规格更加整齐,提示对母本进行的选育是成功的。实验组“美奥”罗非鱼头长/体长比例有变小的趋势,头长/体长在0.30以下的比例由对照组的19.0%上升到32.07%,增幅达68.79%;头长/体长比例大于0.30的由对照组的81.00%下降到67.93%,降幅达19.24%,其效果显著高于杨弘等^[11]报道的结果,表现出头小的优良性状,说明以头部作为主选性状效果良好。实验组罗非鱼加工出肉率虽然高于对照组,但差异不显著,说明将来以“加工出肉率”作为主选性状进行选择的空间和意义均较大。实验组雄性率比对照组有提高的趋势,为1.69%,比李太光

等^[14]及杨淞等^[12]报道的结果高,这和养殖实验选择的是高峰期繁育的苗种有关,同时也说明母本选育对后代雄性率的提高有明显效果。实验组罗非鱼的肥满度显著高于对照组($P < 0.05$)。本实验的材料鱼均为杂交后代罗非鱼,均属于单性,性腺发育不是很好,因此对肥满度造成的影响比较小,说明经过选育的“美奥”杂交罗非鱼可食部分明显大于未选育组;实验组罗非鱼的成活率比对照组有所提高,但差异不显著($P > 0.05$),与杨淞等^[12]的实验结果(98%~99.3%)相似,明显高于李家乐等^[13]报道的结果(86.6%~94%)。实验组平均单产比对照组显著提高,为12.35%,比李家乐等^[19]报道的结果 $[(90.5 \pm 3.7)\% \sim (91.3 \pm 2.75)\%]$ 要高得多,这可能与本研究采用网箱进行养殖,而李家乐等^[19]采用水泥池养殖有关,同时也说明利用经过母本选育后获得的亲本繁育的罗非鱼苗种在生长速度方面得到了普遍提高。

综上所述,“美奥”杂交罗非鱼从生长速度、体质量变异系数、头部比例、雄性率、平均单产等方面都表现出优良的性状,证明经过选育的“美尼”罗非鱼同奥利亚罗非鱼杂交后代的杂交优势较为显著。

参考文献:

- [1] 吴清江,桂建芳. 鱼类遗传育种工程[M]. 上海: 上海科学技术出版社,1999: 45-60.
- [2] 鲍传和,潘玲. 利用酯酶同工酶比较研究法鉴别尼罗罗非鱼的原种与变异种群[J]. 水利渔业,1997(2): 16-17.
- [3] 郭万正,梅书棋,孙华,等. 高性能杜洛克专门化品系选育及其利用[J]. 养猪,2006(4): 28-31.
- [4] 狄江,车文功,杨尔济,等. 中国美利奴羊(新疆型)毛质优品系选育研究[J]. 中国畜牧杂志,2005(2): 19-21.
- [5] 余志菊,刘汉中,范成强,等. 白色獭兔R新品系生长发育及繁殖性能研究[J]. 中国草食动物,2003(6): 15-17.
- [6] 石巍,刘先蜀. 蜜蜂闭锁种群选种[J]. 中国蜂业,2006(2): 23-24.
- [7] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国水产行业标准-尼罗罗非鱼(SC1027-1998)[S]. 中华人民共和国国家质量技术监督局,1998.
- [8] 李思发. 淡水鱼类种群生态学[M]. 北京: 中国农业出版社,1990: 25-30.
- [9] 杨弘. 罗非鱼繁殖及养殖技术(一)[J]. 科学养鱼,2006(1): 16-17.
- [10] 周宏. 尼罗罗非鱼的人工繁殖技术要点[J]. 水利渔业,2001(3): 31-31,53.
- [11] 杨弘,吴婷婷,夏德全. 三种奥尼杂交罗非鱼养殖效果比较[J]. 科学养鱼,2005(3): 18.
- [12] 杨淞,卢迈新,黄樟翰,等. 5种杂交F₁罗非鱼生长性能比较研究[J]. 淡水渔业,2006,36(4): 41-44.
- [13] 李家乐,李晨虹,李思发,等. 不同组合尼罗罗非鱼(♀) × 奥利亚罗非鱼(♂)养殖性能差异研究[J]. 上海水产大学学报,1997,6(2): 96-101.
- [14] 李太光,李瑞伟. 罗非鱼群体选育及奥尼杂交种生产技术[J]. 湛江海洋大学学报,2004,24(3): 8-13.
- [15] International Network on Genetics in Aquaculture. Breeding plan for common carp (*Cyprinus carpio*) in Indonesia: multiple-trait selection[M]. Malina: ICLARM Souvenir, 1997: 36-48.
- [16] Teichert-Coddington D R, Smitherman R O. Lack of response by *Tilapia nilotica* to mass selection for rapid early growth[J]. Trans Am Fish Soc, 1988, 117(3): 297-300.
- [17] Huang G, Wohlfarth G W, Halevy A. Mass selection for growth rate in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. Aquaculture, 1986, 47: 177-184.
- [18] Huang C M, Liao I C. Response to mass selection for growth rate in *Oreochromis niloticus* [J]. Aquaculture, 1990, 85: 199-205.
- [19] 李家乐,李思发,韩风进. 台湾红罗非鱼和尼罗罗非鱼的生长特性与养殖效果的比较[J]. 上海水产大学学报,2002,11(1): 1-5.

Selection effects in American strain of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*

LUO Yongju¹, CAO Jinling², CHEN Jianjie², GONG Zhulin³, GAN Xi¹

(1. Guangxi Institute of Fisheries, Nanning 530021, China; 2. Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China; 3. Guangxi Aquaculture and Animal Husbandry School, Nanning 530021, China)

Abstract: In this study, closed population continuing selection and breeding method was carried out on the selective breeding of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with main selective characters such as growth rate, stripe identity in caudal fin and body shape. And the selection efficiencies of early generations (the second generation, P₂) were evaluated. The results were as follows: (1) In selection generation (SG) population, the percentage of females suitable for selective breeding in P₂ generation of Nile tilapia was 103.16% and 35.92%, higher than those in the foundation (P₀) and first (P₁) generations, and the percentage in P₁ generation was 49.47% higher than that in P₀ generation, which were much higher than that in control generation (CG) population that was not selected and bred; (2) Approximately 0.215 million hatchlings were produced by the cross of Nile tilapia and *Oreochromis aureus* in SG population, higher than that in CG population (0.212 million hatchlings). The male rate of hybrids of Nile tilapia (♀) × *Oreochromis aureus* (♂) in SG population (“Mei-Ao” tilapia) were 96.27%, 97.01% and 95.70% in pre-reproduction, middle-reproduction and post-reproduction stages, respectively, which were higher than that in CG population (94.37%, 95.65% and 94.18%); (3) The average body weight, average body length, absolute growth rate of body weight, absolute growth rate of body length, specific growth rate of body weight and growth index in SG population after different culturing duration were higher than those in CG population. The percentage of fish with above 600 gram size was 64.6% in “Mei-Ao” tilapias generated by SG population (test group), which was 26.2% higher than that in “Mei-Ao” tilapias generated by CG population. The percentage of fish with head length/body length ratio under 0.30 was 32.07% in test group, which was 68.8% higher than that in control group. The survival rate, male rate, meat rate, average production per m² and relative fatness in each test group of “Mei-Ao” tilapia were higher than those in the corresponding control group, and the feed coefficient was lower than that in control group ($P < 0.05$). These results indicated that the selective effects of Nile tilapia were prominent and enough parental fish could be offered for crossbreeding of *O. niloticus* × *O. aureus*. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17 (5): 951–959]

Key words: Nile tilapia of American strain; closed population continuing selection and breeding; seed reservation rate; hatchling production; male rate; culture performance

Corresponding author: GAN Xi. Tel: 0771-5317682; E-mail: Ganxien@126.com