

初始放养密度对鳢幼鱼驯食及生长的影响

胡培培 樊启学 刘汝鹏 赵忠波 何辉 张云龙

华中农业大学水产学院, 武汉 430070

摘要 试验设5组,于1.0 m×1.0 m×1.0 m网箱中进行,初始放养密度为100尾/m³(D1组)、300尾/m³(D2组)、500尾/m³(D3组)、700尾/m³(D4组)、900尾/m³(D5组),试验期共28 d,研究初始放养密度对鳢幼鱼驯食效果的影响。结果显示:累积死亡率(MR)和体质量变异系数(CV)随初始放养密度的增大先降低后升高,其中D3、D4组CV显著低于其他3组;总残食率(CR)随着初始放养密度的增大而升高;驯食成功率(WSR)随着初始放养密度的增大先升高后降低,其二次回归方程为 $Y = -1.101X^2 + 13.590X + 44.093$,相关系数 $R^2 = 0.931$,最适初始放养密度为617尾/m³;特定增长率(SGR)随初始放养密度的增大而减小。在本试验条件下,综合考虑驯食成功率、驯食效率和操作强度,鳢的适宜初始放养密度为500~700尾/m³。

关键词 鳢; 驯食; 初始放养密度; 生长; 残食

中图分类号 Q 959.46⁺8 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2014)04-0106-06

在肉食性硬骨鱼类苗种生产过程中,同类相残是普遍存在的问题,鱼类驯食过程中残食导致的死亡往往显著高于非残食死亡^[1-2]。残食的本质是同种之间对饵料和生存空间的种内竞争^[3-4]。已有研究显示,稚幼鱼残食因子主要有高密度、饥饿、光照和规格差异,主要残食因子因鱼的种类、所处发育阶段及生存环境而异^[5-6]。高密度养殖是提高水体利用率、降低相对劳动强度的有效方法,但养殖密度过高会对养殖对象造成拥挤胁迫,影响养殖对象的生长、存活及行为^[7-10]。因此,合理密养可能是减少苗种残食的有效措施^[4-5]。目前,很多鱼类苗种培育的适宜放养密度已有报道^[4-6,11]。

鳢(*Elopichthys bambusa* R.)是凶猛肉食性鱼,隶属于雅罗鱼亚科(Leuciscinae)、鳢属(*Elopichthys*),苗种培育过程中残食行为极严重,在严格分级和充分投饵的情况下驯食,仍有很高的残食率^[2]。本试验研究了降低初始放养密度对鳢驯食期间的残食行为及其行为习性的影响,旨在提高驯食成功率,完善鳢的驯食技术。

1 材料与方法

1.1 试验鱼与驯食管理

试验鱼购自武汉繁生渔业科技有限公司,试验

在该公司渔场完成。27日龄(days after hatching, DAH)鳢从育苗池转入湖泊(武汉流芳湖)网箱中,暂养2 d并分级。随机挑选同一规格鳢幼鱼(29 DAH,体质量(BW):(0.64±0.05) g,全长(TL):(5.30±0.14) cm)按照试验分组转入相应网箱(网箱在试验前1周挂于湖泊中水深≥4 m处),30 DAH开始驯食。驯食过程共7 d,以鱼浆(鳢幼鱼)稀释液浸湿的鱼苗专用微粒子配合饲料(山东升索渔用饲料研究中心,粗蛋白≥50%,粗脂肪≥8%)驯食,每天07:00和16:00各驯喂1次,每次3 h,逐日减少鱼浆使用量,直至完全使用微粒子配合饲料。期间根据鳢摄食情况及时调整微粒子配合饲料规格。驯食结束后继续养殖3周,驯食鳢专用膨化颗粒饲料(湖南清源饲料科技有限公司,粗蛋白≥45%,粗脂肪≥8%)。试验期间,每天监测水质情况(0.6 m深处):溶氧>6.0 mg/L;水温28.5~31.5℃;pH 6.8~7.4;亚硝态氮和H₂S<0.05 mg/L;氨态氮<0.3 mg/L,自然光照。

1.2 试验分组与取样

试验设5组,初始放养密度为每立方米100尾(D1组)、300尾(D2组)、500尾(D3组)、700尾(D4组)、900尾(D5组)。试验于1.0 m×1.0 m×

收稿日期:2013-11-19

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAD25B00,2012BAD25B08)

胡培培,硕士研究生,研究方向:鱼类增养殖、水产动物营养与饲料, E-mail: 1056452469@qq.com

通信作者:樊启学,教授,研究方向:鱼类增养殖, E-mail: fanqixue@mail.hzau.edu.cn

1.0 m(箱底离水面距离为 0.6 m)网箱(网孔直径 0.8 cm)中进行,每组 3 个平行。

试验共 28 d,每次驯食前捞出并计数伤残、死亡个体,根据鱼体上是否有咬伤痕迹判断并记录残食个体数。于试验前 1 d(29 DAH)、第 7 天(36 DAH)、第 14 天(43 DAH)、第 21 天(50 DAH)、第 28 天(57 DAH)逐箱逐尾计数试验鱼,每箱随机捞出并麻醉(120 mg/L MS-222 溶液)10% 试验鱼(20≤n≤80),测量体长(BL)、全长(TL)、体质量(BW)后放回,每次取样前停食 12 h。试验第 28 天计数试验鱼时,挑出较大个体和瘦弱个体,逐尾测量 BL、BW。

定义体质量大于该箱平均体质量 2 倍的鱼为霸王鱼,其攻击性强,既摄食饲料也摄食其他鱼;肥满度小于 0.40 的鱼为羸弱鱼,它们极瘦弱,偶尔摄食饲料,这 2 种鱼视为驯食失败个体。

1.3 相关参数

死亡率(MR)、残食率(CR)、特定生长率(SGR)、肥满度(CF)、体质量变异系数(CV)参考文献[2]的公式。驯食成功率公式如下:

$$\text{驯食成功率(WSR)} = 100\% \times (N - N_i) / N_0$$

表 1 初始放养密度对鳃死亡率和残食率的影响¹⁾

Table 1 Effects of initial stocking density on MR and CR of *Elopichthys bambusa*

项目 Items	组别 Groups	日龄 DAH				
		30~36	37~43	44~50	51~57	30~57
死亡率/% MR	D1	3.33±0.77 a	1.67±0.64 a	11.67±0.87 d	5.00±0.90 c	21.67±0.89 c
	D2	4.44±0.81 ab	6.44±0.67 bc	6.00±0.77 c	0.56±0.00 a	17.44±0.73 b
	D3	4.87±0.90 b	5.67±0.71 b	2.80±0.89 a	0.47±0.26 a	13.81±0.63 a
	D4	5.47±0.81 b	7.05±0.70 c	3.05±0.64 ab	1.28±0.40 a	16.05±0.79 b
	D5	7.22±0.43 c	8.78±0.82 d	4.96±0.98 bc	2.96±0.18 b	23.92±0.85 d
残食率/% CR	D1	0.00 a	1.67±0.00 a	1.67±0.00 a	0.00 a	3.33±0.00 a
	D2	1.89±0.55 b	3.78±0.66 b	1.78±0.62 a	0.44±0.00 a	7.89±0.56 b
	D3	3.13±0.19 c	3.89±0.33 b	1.89±0.69 a	0.11±0.19 a	9.00±0.50 c
	D4	3.47±0.88 c	5.23±0.67 c	2.00±0.72 a	0.48±0.24 a	11.18±0.47 d
	D5	4.92±0.70 d	6.22±0.80 c	3.33±0.85 b	2.41±0.82 b	16.88±0.71 e

1)同日龄不同组间注不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下同。Values(mean±SD) in different treatments at the same days after hatching with different letters indicate significant differences between means(P<0.05). The same as below.

2.2 初始放养密度对鳃驯食成功率的影响

鳃幼鱼 WSR 随着初始放养密度的增大呈现先升高后降低的趋势,其中 D3 组最高,为 85.22%,显著高于 D1、D2 和 D5 组;D4 组其次,为 82.06%,与 D3 组差异不显著;D1 组 WSR 仅为 53.33%,显著低于其他 4 组(图 1)。由二次曲线模型得到初始放养密度对 WSR 的回归方程为 $Y = -1.101X^2 +$

式中: N_0 、 N 分别为试验初始鱼尾数和试验结束时存活尾数, N_i 为驯食失败个体尾数。

1.4 统计分析

数据以平均值(\bar{X})±标准差(SD)表示。用 SPSS18.0 软件对数据进行方差分析(one-way ANOVA),Duncan 氏法多重比较分析组间差异显著性,回归分析(regression analysis)进行初始放养密度对驯食成功率的模型拟合,显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

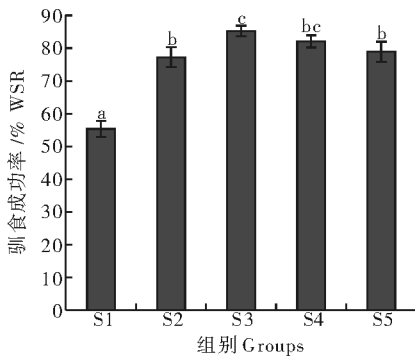
2.1 初始放养密度对鳃死亡率、残食率的影响

本试验条件下,鳃幼鱼 MR 和 CR 变化情况如表 1 所示。MR 随初始放养密度的增大先降低后升高,D3 组 MR(30~57 DAH)显著低于其他 4 组,D1 组死亡高峰出现在 44~50 DAH,死亡多由饥饿导致,其他 4 组出现在 30~43 DAH,死亡主要由残食引起。MR(30~57 DAH)随着初始放养密度的增大而升高,各组间差异显著,残食主要发生在 30~43 DAH。51~57 DAH,D5 组 CR 显著高于其他 4 组,D2~D4 组 MR 均较低,且差异不显著。

$13.590X + 44.093$, 相关系数 $R^2 = 0.931$, $F = 80.39$, $P < 0.05$,最适初始放养密度为 617 尾/m³。

2.3 初始放养密度对鳃生长和生长离散的影响

试验期间,D1 组 SGR 始终显著低于 D2~D5 组,D1~D5 组高 SGR 期出现在 44~50 DAH;D2~D5 组鳃幼鱼 SGR 随放养密度的增大而减小;D2 组 SGR 出现明显波动,但总 SGR 最大,显著高



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different superscripts indicate significant differences between means ($P < 0.05$), values are mean \pm SD.

图 1 初始放养密度对鲢驯食成功率的影响

Fig. 1 Effects of stocking density on WSR of *Elopichthys bambusa*

于 D1、D4 和 D5 组,与 D3 组差异不显著;D3~D5 组间 SGR 差异不显著,各组阶段 SGR 无明显变化(表 2)。

36 DAH 及以前,各组试验鱼体质量(BW)无显著差异;43 DAH 开始,除 D1 组外,各组试验鱼 BW 随放养密度的增大而减小;50~57 DAH, D1 组 BW 显著低于其他 4 组, D2、D3 组显著高于 D5 组;试验期间各组试验鱼 CV 均呈现先升高后降低趋势,于 43 DAH 达到峰值;试验终末, D3、D4 组 CV 显著低于 D1、D2、D5 组;试验期间各组试验鱼 CF 均呈现升高趋势, D1 组升高不明显,于 43 DAH 开始显著低于其他 4 组,这种差异一直持续到试验结束(表 3)。

表 2 初始放养密度对鲢特定生长率的影响

Table 2 Effects of stocking density on SGR of *Elopichthys bambusa*

%/d

组别 Groups	日龄 DAH				
	30~36	37~43	44~50	51~57	30~57
D1	2.45 \pm 0.20 a	1.46 \pm 0.22 a	3.10 \pm 0.32 a	2.14 \pm 0.19 a	2.18 \pm 0.11 a
D2	3.54 \pm 0.41 b	4.14 \pm 0.40 c	5.16 \pm 0.21 d	4.44 \pm 0.16 cd	4.26 \pm 0.23 d
D3	3.36 \pm 0.36 b	4.18 \pm 0.32 c	4.79 \pm 0.23 c	4.17 \pm 0.20 bc	4.10 \pm 0.19 cd
D4	3.36 \pm 0.40 b	3.50 \pm 0.38 bc	3.74 \pm 0.38 b	4.68 \pm 0.26 d	3.73 \pm 0.25 bc
D5	3.19 \pm 0.31 b	3.00 \pm 0.34 ab	3.59 \pm 0.31 ab	3.92 \pm 0.21 b	3.34 \pm 0.24 b

表 3 初始放养密度对鲢体质量、体质量变异系数和肥满度的影响

Table 3 Effects of stocking density on BW, CV and CF of *Elopichthys bambusa*

项目 Items	组别 Groups	日龄 DAH				
		30	36	43	50	57
体质量/g BW	D1	0.64 \pm 0.05	0.76 \pm 0.19	0.88 \pm 0.19 a	1.06 \pm 0.17 a	1.18 \pm 0.18 a
	D2	0.64 \pm 0.05	0.82 \pm 0.26	1.24 \pm 0.16 b	1.69 \pm 0.18 b	2.11 \pm 0.26 c
	D3	0.64 \pm 0.05	0.81 \pm 0.27	1.23 \pm 0.13 b	1.64 \pm 0.13 b	2.02 \pm 0.19 c
	D4	0.64 \pm 0.05	0.81 \pm 0.21	1.15 \pm 0.11 ab	1.44 \pm 0.17 b	1.82 \pm 0.10 bc
	D5	0.64 \pm 0.05	0.80 \pm 0.24	1.08 \pm 0.15 ab	1.34 \pm 0.23 ab	1.63 \pm 0.23 b
体质量变异系数/% CV _{BW}	D1	7.89 \pm 0.09	24.79 \pm 0.69 d	45.69 \pm 0.61 e	43.55 \pm 0.89 d	38.24 \pm 0.66 e
	D2	7.89 \pm 0.09	19.85 \pm 0.60 c	28.11 \pm 0.39 c	24.55 \pm 0.64 b	22.26 \pm 0.68 c
	D3	7.89 \pm 0.09	13.63 \pm 0.48 a	24.65 \pm 0.49 b	18.89 \pm 0.67 a	17.09 \pm 0.71 a
	D4	7.89 \pm 0.09	15.92 \pm 0.58 b	21.97 \pm 0.58 a	20.34 \pm 0.86 a	18.94 \pm 0.82 b
	D5	7.89 \pm 0.09	16.50 \pm 0.32 b	31.03 \pm 0.55 d	27.41 \pm 0.51 c	23.91 \pm 0.70 d
肥满度/% CF	D1	0.79 \pm 0.04	0.78 \pm 0.04	0.72 \pm 0.02 a	0.79 \pm 0.03 a	0.80 \pm 0.01 a
	D2	0.79 \pm 0.04	0.81 \pm 0.07	0.86 \pm 0.05 b	0.96 \pm 0.04 b	0.95 \pm 0.03 b
	D3	0.79 \pm 0.04	0.82 \pm 0.06	0.85 \pm 0.06 b	0.94 \pm 0.04 b	0.94 \pm 0.04 b
	D4	0.79 \pm 0.04	0.84 \pm 0.05	0.85 \pm 0.04 b	0.95 \pm 0.06 b	0.93 \pm 0.03 b
	D5	0.79 \pm 0.04	0.81 \pm 0.06	0.84 \pm 0.06 b	0.93 \pm 0.05 b	0.91 \pm 0.05 b

3 讨论

一般认为,除了遗传、饵料丰度和饲养环境等因素外,放养密度也是影响鱼类生长和存活的一个重要因素^[4,6-8,10,12-13]。

3.1 初始放养密度对鳢幼鱼死亡和残食的影响

本试验鳢幼鱼死亡率随密度的升高呈现先降低后升高的趋势。D1组放养密度最小,死亡率却很高。试验期间该组试验鱼对声音、光线和振动等外界刺激敏感,始终不能正常集群,消极摄食,死亡多是饥饿引起的。白庆利等^[10]和张玉勇等^[13]研究养殖密度对哲罗鱼(*Hucho taimen*)稚鱼和细鳞鱼(*Brachymastax lenok*)稚鱼驯化和生长的影响时,发现低放养密度组试验鱼不能正常集群,摄食强度低,从而导致高死亡率,他们认为存活率与鱼类集群效应密切相关,且集群有利于其摄食。类似的,Baras等^[14]研究表明,低密度组河鲈(*Perca fluviatilis*)仔鱼摄食成功率低、死亡率高。死亡率最高组是D5组,即初始放养密度最高组,死亡主要由残食导致,这可能是高放养密度使种内竞争被激化引起的。在对欧洲鳎(*Solea solea*)和美洲拟鲽(*Pseudopleuronectes arnericanus*)的研究中发现高放养密度会导致高死亡率^[8-11]。

各组试验鱼残食率随初始放养密度的增大而升高。随着养殖密度的增加,生态位或领域的竞争增加,会诱发和促进蓝宝石鱼(*Cynoscion nebulosus*)仔鱼、大口鲶(*Silurus meridionalis*)幼鱼和漠斑牙鲆(*Paralichthys lethostigma*)稚鱼等的残食行为^[4-6]。而黄宇宇等^[15]报道,在控制白斑狗鱼(*Esox lucius*)稚鱼规格差异和充足投饵情况下可以基本避免其残食行为;华元渝等^[3]认为高放养密度在饵料充足时不会引发暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)苗种的残食行为。鱼类残食因子因鱼的种类和发育阶段而异。

3.2 初始放养密度对鳢幼鱼生长及生长离散的影响

本试验条件下,D1组鳢幼鱼特定生长率最低,体质量变异系数最高。这是试验期间该组试验鱼群体小,始终不能正常集群而消极摄食引起的。投饵时该组试验鱼仅有少量游到水面,摄食一次即迅速潜入水下,不连续摄食,试验第3天开始有瘦弱鱼聚集于网箱一角,驱赶不散,拒绝摄食,且数量日渐增多。随着较强壮的个体变为霸王鱼,该组试验鱼摄

食更加消极。白庆利等^[10]研究表明,低放养密度的哲罗鱼稚鱼集群差,需要花费更多精力用于觅食和警戒,摄食效率低,从而导致生长缓慢;Papoutso-glou等^[12]在欧洲鲈(*Dicentrarchus labrax*)的养殖试验中发现,高密度组比低密度组生长快,他认为高密度组集群明显,摄食积极而迅速,且摄食成功率高,而低密度组群体小,摄食消极。

放养密度与养殖对象生长的关系尚存在争议。张玉勇等^[13]报道,高密度不影响细鳞鱼稚鱼的生长,只是加剧其生长离散;Jodun等^[16]的研究结果表明大西洋鲟(*Acipenser sturio*)放养密度与生长负相关;Celikkale等^[17]发现放养密度对俄罗斯鲟(*Acipenser gueldenstaedti*)影响较小或没有影响;而加州鲈(*Micropterus salmoides*)只有在较低的放养密度下才能较好地生长^[7]。D2~D5组特定生长率随着放养密度的升高而降低,体质量变异系数随放养密度的增大而升高,高密度组种内竞争机制被激化,弱小个体的生长和存活受到强壮个体的限制。Rowland等^[18]和Imsland等^[19]对银鲈(*Bidyanus bidyanus*)和大西洋庸鲽(*Hippoglossus hippoglossus*)的研究也得到类似结论。有学者认为,高放养密度鱼类生长缓慢是这些鱼活动频率高、耗能多、饵料转化率低造成的^[9,18,20]。一些学者提出了不同观点,认为在一定范围内生长与放养密度无关。Ruyet等^[21]在进行放养密度与鱼类健康关系的研究中发现,水质与饲养条件是影响虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)生长的2个重要因子;只要保证水质良好和饵料供应稳定,放养密度对大西洋鲑(*Salmo salar*)生长的抑制作用在21~86 kg/m³范围内不明显^[22]。放养密度对鱼类生长的影响是遗传、饵料丰度和养殖环境等因素综合作用的结果。

3.3 初始放养密度对鳢幼鱼行为的影响

鱼群是一种自组织群体,往往呈现出个体间距均匀、运动协调及集聚性等特征,且养殖密度与鱼类群体结构密切相关^[23]。28 d试验过程中,D1组试验鱼个体间距均匀,运动混乱,始终不能正常集群。试验开始阶段,试验鱼对外界干扰很敏感,弱小个体不敢侵犯强壮个体的“领域”;随着试验的进行,部分瘦弱试验鱼聚集于网箱一角,拒绝摄食,直至饥饿而死;而较健康的试验鱼仅在投饵时摄食一次即迅速潜入水下,不连续摄食。该组鱼整体表现为消极摄食,放养密度过低导致群体内信息交换量很小,影响到了其集群行为。这种类似现象在对欧洲鲈稚

鱼^[12]、哲罗鱼稚鱼^[10]、细鳞鱼稚鱼^[13]等的研究中也发现过。

高密度组试验鱼能保持群体的整体性和前进性,投饵前迅速集成大群沿网箱壁快速游动觅食,投饵后迅速冲向投饵区,抢食凶猛,摄食连续而快速。然而,在试验后面 2 周,D5 组试验鱼个体间距离小于最小邻鱼距离,投饵后试验鱼频繁发生碰撞和回避动作,其摄食效率和成功率有较大的下降,而且不再能够连续摄食,高密度组摄食积极却生长较慢与其密切相关。庄平等^[24]在研究史氏鲟(*Acipenser schrenckii*)稚鱼的适宜放养密度时也观察到类似的现象。Manlry 等^[4]和 Merino 等^[20]试验发现,在摄食过程中,高密度养殖的蓝宝石鱼和北美牙鲈(*Paralichthys californicus*)活动频率高,个体间相撞频率或攻击性行为增加,摄食成功率降低,其增长速度也慢于低密度组;Rowland 等^[18]和 Wocher 等^[25]同样发现高放养密度可以使银鲈和江鳕(*Lota lota* L.)更积极地摄食,但低密度组试验鱼生长快于高密度组。可见,适宜的放养密度和一定的群体规模是很多养殖鱼类正常集群和摄食的重要条件。

一定范围内,操作强度与养殖面积成正比,放养密度越高,一定空间可以容纳的鳃幼鱼就越多,驯食成功率差异不显著的范围内,放养密度越大,驯食效率越高。综上所述,本试验条件下,初始放养密度以 500~700 尾/m³ 为宜,放养密度过小鳃幼鱼群体小,不能集群,摄食消极;放养密度过大则会助长残食。

参 考 文 献

- [1] HUNG L T, TUAN N A, CACOT P, et al. Larval rearing of the Asian catfish, *Pangasius bocourti* (Siluroidei, Pangasidae): alternative feeds and weaning time[J]. *Aquaculture*, 2002, 212: 115-127.
- [2] 沈凡, 樊启学, 宗克金, 等. 再次分级、驯食对小规格鳃生长、残食的影响[J]. *淡水渔业*, 2012, 42(4): 40-46.
- [3] 华元渝, 陈亚芬, 钱林峰. 暗纹东方鲩苗种同类相残的研究[J]. *水生生物学报*, 1998, 22(2): 195-197.
- [4] MANLRY C B, RAKOCINSKI C F, LEE P G, et al. Stocking density effects on aggressive and cannibalistic behaviors in larval hatchery-reared spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*[J]. *Aquaculture*, 2014, 420: 89-94.
- [5] 邹桂伟, 罗相忠, 潘光碧. 大口鲈苗种同类相残的研究[J]. *中国水产科学*, 2001, 8(2): 55-58.
- [6] 王东梅, 姜志强. 影响漠斑牙鲈稚鱼的自残因子的研究[J]. *水生生物学报*, 2008, 32(3): 360-364.
- [7] PETIT G, BEAUCHAUD M, BUISSON B. Density effects on food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) [J]. *Aquac Res*, 2001, 32: 495-497.
- [8] SCHRAM E, HEUL J W V, KAMSTRA A, et al. Stocking density-dependent growth of Dover sole (*Solea solea*) [J]. *Aquaculture*, 2006, 252: 339-347.
- [9] 石小涛, 李大鹏, 庄平, 等. 养殖密度对史氏鲟消化率、摄食率和生长的影响[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(8): 1517-1520.
- [10] 白庆利, 于洪贤, 张玉勇, 等. 养殖密度对哲罗鱼稚鱼生长和存活的影响[J]. *东北林业大学学报*, 2009, 37(2): 63-70.
- [11] FAIRCHILD E A, HOWELL W H. Optimal stocking density for juvenile winter flounder *Pseudopleuronectes americanus* [J]. *World Aquac Soc*, 2001, 32(3): 300-308.
- [12] PAPOUTSOGLOU S E, TZIHA G, VRETTOS X, et al. Effects of stocking density on behavior and growth rate of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a closed circulated system[J]. *Aquacult Eng*, 1998, 18: 135-144.
- [13] 张玉勇, 徐革锋, 金舒博, 等. 养殖密度对饵料驯化期细鳞鱼稚鱼生长的影响[J]. *上海水产大学学报*, 2008, 17(3): 321-326.
- [14] BARAS E, KESTEMONT P, MELARD C. Effect of stocking density on the dynamics of cannibalism in sibling larvae of *Perca fluviatilis* under controlled conditions[J]. *Aquaculture*, 2003, 219: 241-255.
- [15] 黄宁宇, 夏连军, 么宗利. 养殖密度和温度对白斑狗鱼在设施养殖中生长的影响[J]. *水产学报*, 2006, 30(1): 76-80.
- [16] JODUN W A, MILLARD M J, MOHLER J. The effect of rearing density on growth, survival, and feed conversion of juvenile Atlantic sturgeon[J]. *N Am J Aquacult*, 2001, 64: 10-15.
- [17] CELIKKALE B M S, MEMIS D, ERCAN E, et al. Growth performance of juvenile Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzenburg, 1833) at two stocking densities in net cages[J]. *Appl Ichthyol*, 2005, 21: 14-18.
- [18] ROWLAND S J, MIFSUD C, NIXON M, et al. Effects of stocking density on the performance of the Australian freshwater silver perch (*Bidyanus bidyanus*) in cages[J]. *Aquaculture*, 2006, 253: 301-308.
- [19] IMSLAND A K, JENSSEN M D, JONASSEN T M, et al. Best among unequals? Effect of size grading and different social environments on the growth performance of juvenile Atlantic halibut[J]. *Aquacult Int*, 2009, 17: 217-227.
- [20] MERINO G E, PIEDRAHATA R H, CONKLIN D E. The effect of fish stocking density on the growth of California halibut (*Paralichthys californicus*) juveniles [J]. *Aquaculture*, 2007, 265: 176-186.
- [21] RUYET J P L, LABBE L, BAYON N L, et al. Combined effects of water quality and stocking density on welfare and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Aquat Living Resour*, 2008, 21: 185-195.
- [22] HOSFELD C D, HAMMER J, HANDELAND S O. Effects of fish density on growth and smoltification in intensive produc-

tion of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. *Aquaculture*, 2009, 294: 236-241.

[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(6): 735-738.

[23] 刘玲飞, 周应祺, 钱卫国, 等. 红鼻鱼群体结构的数学建模与仿真可视化[J]. *水产学报*, 2010, 34(12): 1869-1876.

[25] WOCHER H, HARSANYI A, SCHWARZ F J. Husbandry conditions in burbot (*Lota lota* L.); impact of shelter availability and stocking density on growth and behaviour [J]. *Aquaculture*, 2011, 315: 340-347.

[24] 庄平, 李大鹏, 王明学, 等. 养殖密度对史氏鲟稚鱼生长的影响

Effects of initial stocking density on weaning and growth of juvenile yellowcheek carp (*Elopichthys bambusa* R.)

HU Pei-pei FAN Qi-xue LIU Ru-peng ZHAO Zhong-bo HE Hui ZHANG Yun-long

College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract The present study aimed to investigate the effect of initial stocking density on the weaning and growth of juvenile yellowcheek carp (*Elopichthys bambusa* R.). Five groups were assigned in triplicate in the net cages (1.0 m × 1.0 m × 1.0 m) with different initial stocking densities of 100 ind/m³ (D1), 300 ind/m³ (D2), 500 ind/m³ (D3), 700 ind/m³ (D4) and 900 ind/m³ (D5). The experiment was carried out for 28 days. The results showed that MR, CV decreased and then increased with the increasing of initial stocking density. CV in D1, D2, D5 was significantly higher than that in D3, D4. CR increased with the increasing of initial rearing density. WSR with the increasing of initial rearing density firstly increased and then decreased. Relationship between WSR and stocking density based on quadratic regression analysis was: $Y = -1.101X^2 + 13.590X + 44.093$, correlation coefficient $R^2 = 0.931$, the optimum initial stocking density was 617 ind/m³. SGR decreased with the increasing initial stocking density. It was concluded that the optimal initial stocking density of net cage for the weaning of juvenile yellowcheek carp was 500-700 ind/m³ based on WSR, weaning efficiency and manipulation strength.

Key words yellowcheek carp; weaning; initial stocking density; growth; cannibalism

(责任编辑: 边书京)