

取规格均匀,体质健壮 1 龄和 3 龄大鲵开展地下室微流水养殖试验。

1.2 养殖场构建

根据中国大鲵趋弱光、独立喜静、穴居、对水质要求高等生活习性,同时结合大鲵不同规格养殖的需要,在场地选址、养殖池构建等方面进行了不同的设计安排。

优质的水源是人工养殖中国大鲵成功的关键,养殖场水源采用经曝气处理的深井水,水温常年约 16 ℃,水质要求符合农业部行业标准 NY-5051-2001《无公害食品淡水养殖用水水质》,水质清澈、透明,且水源充足。

针对山东地区四季温差高的特点,采用地下室模式建设养殖场,地下室上面覆以 0.5 m 厚土层,可种植植被遮阳保温,进行防渗漏处理,并设 PVC 通气管道。按照微流水养殖模式设计建造养殖系统,养殖池按 1.6 m × 1.6 m × 0.48 m 和 1.6 m × 1.4 m × 0.48 m 两种规格进行建设以满足大鲵不同生长时期的需要,其基本结构为砖混结构,养殖池需用水泥抹平滑或贴瓷砖以保证养殖池内壁光滑。池与池之间并排建设,在养殖池上方架设水管,进水口采用水龙头单独控制,池底由进水方向向排水方向倾斜 1 ~ 1.5 m,排水口采用打眼 PVC 管排水,养殖池结构如图 1。养殖池在放养前需用水反复浸泡,使 pH 稳定在 6.5 ~ 7.5。

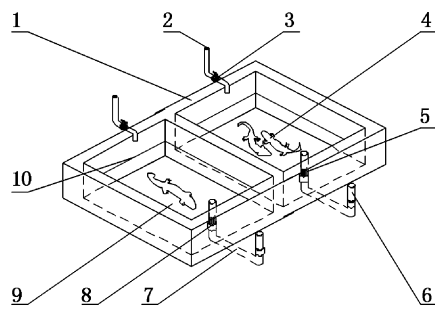


图 1 大鲵养殖试验池示意图
Fig.1 Schematic of Chinese giant salamander breeding pool

1. 池壁; 2. 进水管; 3. 阀门; 4. 大鲵; 5. 插拔花管; 6. 水位管; 7. 排污水管; 8. 排污口; 9. 池底; 10. 池水位

1.3 养殖管理

1.3.1 放养密度

放养密度的大小直接影响大鲵的成活率和生长发育,合理的养殖密度能够有效避免大鲵的相互咬斗残食,因此需根据不同发育阶段及时调

整养殖密度,如表 1。

1.3.2 投喂技术

大鲵的投喂需做到定点、定时、定量和定质。在大鲵的人工养殖中,大鲵的投喂量和投喂频率受不同生长阶段、个体差异及季节变化的影响,因此需根据不同个体调整投喂量,经过实践探索,得到大鲵的不同生长阶段及季节的投喂量如表 1。

表 1 大鲵不同规格放养密度、投喂频率和投喂饵料

Tab.1 Stocking density, feeding quantity and feeding frequency of different specifications Chinese giant salamander

年龄/龄	规格 /(g/尾)	放养密度 /(尾/m ²)	投喂量 /%	投喂频率 /(次/d)
1.0	25 ~ 100	10 ~ 15	3 ~ 5	3 ~ 4
1.5	250	5		
2.0	500	2	2 ~ 4	
>3.0	>500	单养	2 ~ 3	

人工养殖条件下,大鲵性成熟之前生长速度最快,尤其是 2 龄期,体重年增长可达 6.5 ~ 9.8 倍,体长年增长可达 2.2 倍,此阶段提供营养丰富的饵料尤为重要^[10]。在自然环境中,大鲵摄食种类因所生活区域和食物结构不同而有所变化,主要可分为枝角类、水生寡毛类和鱼虾类。在 1 ~ 2 龄幼鲵,主要以投喂动物性饵料鱼为主。饵料鱼是一些小规格鱼种或野杂鱼等活饵料,如鲤、鲫、鲢、鳙鱼种,以及鳊鲂、蝌蚪和泥鳅。从农贸市场或者养殖场购进饵料鱼,经清洗消毒后,分别放入室外饵料培养池塘暂养备用。按照养殖大鲵体重的 3% ~ 4%,用渔网捕捞出来,放入空闲的大鲵养殖池进行清洗,再用 2% ~ 3% 食盐水消毒,然后向每个大鲵养殖池投放,投喂量如表 1。投喂后次日将剩饵料拣出,防止残饵污染水质。同时,参杂投喂一些切成丝状的鲜鱼肉、禽畜下脚料、冰鲜鱼等进行投喂驯化,逐步过渡到人工配合饲料。避免单一饲料造成营养不全。养殖过程中,常常出现活饵料供应不足,尤其在冬季,大鲵摄食的驯化显得尤为重要。

1.3.3 水温与水质管理

水温对大鲵的摄食、生长、发育及成熟起决定性作用^[11]。人工养殖大鲵生长适宜温度在 10 ~ 24 ℃,温度低于 8 ℃ 或高于 24 ℃ 都会影响大鲵摄食,导致生长缓慢,甚至死亡。养殖室内

温度与养殖池温差应控制在 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 以减少能量交换。

采用微流水养殖模式, 有效提高养殖密度, 且残饵和排泄物能够及时排出, 保持水质清新。养殖水体中溶解氧须保持在 5.5 mg/L 以上, 最适 pH 为 $6.5\sim 7.4$, 总碱度为 $100\sim 150\text{ CaCO}_3\text{ mg/L}$, 水位保持在 $0.12\sim 0.25\text{ m}$ 。此外需定期对养殖池进行清理和消毒, 周期约 30 d 。

养殖期间每天早晚对池内水温、溶氧、pH、氨氮、亚硝酸盐进行测定和记录, 便于及时发现问题并进行针对性处理。

1.3.4 病害预防

大鲵疾病分为寄生虫性、细菌性、真菌性、营养性以及病毒性疾病等。寄生虫性疾病主要是吸虫与线虫引起的, 发病需隔离治疗; 细菌性疾病是大鲵最常见的疾病, 主要有烂嘴病、腹水病、皮肤溃疡病等; 真菌性疾病主要是水霉病; 营养性疾病多因饵料营养搭配失衡, 如弯体病; 此外大鲵也存在病毒性疾病, 2010年蛙虹彩病毒 (*Ranavirus*) 导致陕西汉中地区人工养殖大鲵大量死亡的研究也首见报道^[12]。

实践证明, 大鲵疾病防治要坚持预防为主, 治疗为辅的原则。预防措施上, 既要注意消灭病原, 切断传染与侵袭途径, 又要注意为大鲵创造适宜生活环境, 提高大鲵抗病力; 治疗措施上, 要早发现, 早隔离, 早治疗。

良好的养殖环境是大鲵健康养殖的保证, 做好养殖水体水质、水温监测工作, 饵料要消毒后投喂, 养殖池内定期用碘或二氧化氯消毒, 发现鱼病, 及时隔离, 积极治疗, 操作中防止大鲵机体受伤。

1.4 生长速度实验

大鲵有脱鳃的特点, 人工养殖幼鲵长至 8 个月时, 外鳃开始逐步萎缩脱落^[13], 通常 1 龄左右的大鲵脱鳃率超过 50% , 外鳃消失的大鲵均可称之为成鲵^[14-15]。野生大鲵通常要到 3 龄外鳃才开始消失^[16]。

选取 1 龄和 3 龄大鲵各 40 尾, 初始体长体重见表 2, 分别放入标记池中养殖, 养殖方法同其他大鲵, 对标记池中大鲵进行长期跟踪观察, 每 6 个月进行体长体重测量, 连续测量 2 年。根据体

长与体重测量记录分析大鲵生长速度、大鲵体长与体重关系。

1.5 数据处理

大鲵体重增长率 (W_G)、体长增长率 (L_G)、特定生长率 (specific growth rate, S_{GR}) 的计算公式如下:

$$W_G(\%) = 100 \times (W_t - W_0) / W_0 \quad (1)$$

$$L_G(\%) = 100 \times (L_t - L_0) / L_0 \quad (2)$$

$$S_{GR}(\%) = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t \quad (3)$$

式中: W_0 和 L_0 分别为试验初始体重 (g) 和体长 (cm); W_t 和 L_t 分别为试验结束体重 (g) 和体长 (cm); t 为试验时间 (d)。

运用统计软件 SPSS 17.0 分析微流水人工养殖大鲵生长过程的 Logistic 生长规律, 应用 Logistic 方程拟合大鲵生长曲线, 找出大鲵生长拐点, 作为养殖参考^[17]。

Logistic 方程:

$$Y = \frac{A}{1 + Be^{-kT}} \quad (4)$$

式中: Y 表示体重; T 为拐点年龄; A 、 B 、 k 为待定参数, 由 SPSS 17.0 得到; R^2 为相关度。

2 结果与分析

2.1 生长情况

通过连续 24 个月的对大鲵体重和体长增长情况的记录可以发现, 微流水人工养殖的大鲵生长状况良好, 平均体重和平均体长增长显著, 见表 2。

1 龄大鲵经过 24 个月生长平均体重达到 $(1\ 966.8 \pm 60.3)\text{ g}$, 平均体长达 $(55.2 \pm 4.1)\text{ cm}$, 平均体重和平均体长的增长率分别为 $6\ 874.5\%$ 和 254.3% , 特定生长率先高后低, 最高为试验开始的 6 个月, 最高达 $1.298\%/d$; 3 龄大鲵经过 24 个月生长平均体重达到 $(4\ 926.7 \pm 100.3)\text{ g}$, 平均体长达 $(80.2 \pm 4.7)\text{ cm}$, 平均体重和平均体长的增长率分别为 167.5% 和 50.5% , 特定生长率逐渐降低, 最高为 $0.252\%/d$, 远低于 1 龄大鲵的特定生长率。大鲵年龄越小体重增重倍数越高, 随着大鲵体重不断增加, 体重增重倍数逐渐降低, 但平均增重越来越高。

表 2 成鲵体重与体长增长情况
Tab.2 Growth condition of adult Chinese giant salamander's weight and length

年龄	养殖时间/月	年龄/龄	平均体重/g	平均体长/cm	特定增长率/(%/d)	体重增长率/%
1 龄	0	1.0	28.2 ± 3.1	15.6 ± 1.9	-	-
	6	1.5	307.2 ± 11.2	26.7 ± 2.3	1.298	989.4
	12	2.0	630.6 ± 20.5	38.3 ± 3.2	0.397	105.3
	18	2.5	1 064.4 ± 45.3	49.8 ± 3.5	0.285	68.8
	24	3.0	1 966.8 ± 60.3	55.2 ± 4.1	0.339	84.8
3 龄	0	3.0	1 841.5 ± 64.2	53.3 ± 2.4	-	-
	6	3.5	2 929.3 ± 75.6	61.8 ± 3.1	0.252	59.1
	12	4.0	3 724.3 ± 82.2	68.6 ± 3.8	0.133	27.1
	18	4.5	4 419.1 ± 89.5	75.6 ± 4.2	0.093	18.7
	24	5.0	4 926.7 ± 100.3	80.2 ± 4.7	0.060	11.5

2.2 体重与年龄关系

根据大鲵体重增长记录,分析得到 Logistic 方程为: $Y = 5318.11 / (1 + 153.44e^{-1.497T})$, 相关系数 $R^2 = 0.999$, 为极显著水平, 说明人工养殖大鲵主要生长过程符合 Logistic 生长规律, 这与王文林等研究结果一致^[18]。拐点体重 $A/2 = 2 659.1$, 拐点时间 $T \approx 3.38$, 说明人工养殖的大鲵在 3.38 龄, 体重为 2 659.1 g 时生长速度最快, 此后由快减慢, 3~4 龄是大鲵体重增加的关键时期。大鲵体重增长特性为 1 龄体重增加较慢, 体长增加较快, 3 龄体重增加较快, 体长较慢; 性成熟后, 大鲵生长速度有所下降, 但平均体重增加值仍然较大, 这与陈云祥等大鲵生长特性是“慢-快-慢”结论相符^[19]。

2.3 体长与年龄关系

由图 2 可以看出, 1 龄和 3 龄大鲵平均体长增长呈线性增长, 但体长增长速度存在差异。1 龄大鲵体长增长方程为: $y = 1.7629x + 15.6$, $r = 0.9924$, 为极显著相关; 3 龄大鲵体长增长方程为: $y = 1.1867x + 53.3$, $r = 0.9930$, 为极显著相关。1 龄大鲵斜率 $k_1 = 1.7629 > 3$ 龄大鲵斜率 $k_2 = 1.1827$, 说明体长增长速度随养殖时间逐渐降低。

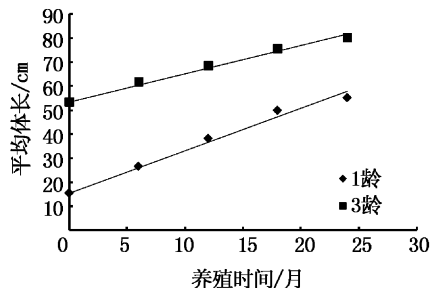


图 2 1 龄和 3 龄大鲵体长增长情况

Fig.2 Growth condition of the yearling and three-year-old Chinese giant salamander length

2.4 体重与体长关系

通过 excel 进行回归分析, 得到体长与体重的关系符合幂函数曲线方程: $y = 0.0084x^{3.0637}$, $r = 0.9911$ 为极显著水平, 如图 3。微流水人工养殖大鲵的体长和体重不断增长, 但不同生长阶段, 单位体长的体重增长幅度差异较大, 3 龄大鲵单位体长的体重增加值远大于 1 龄大鲵。

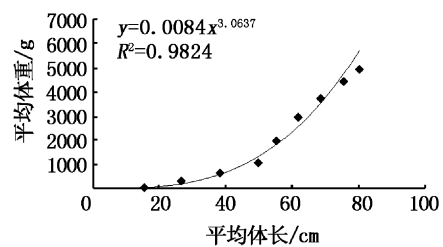


图 3 大鲵体重与体长关系

Fig.3 Relationship of Chinese giant salamander weight and length

3 结论与讨论

3.1 养殖周期缩短, 利于大鲵人工养殖发展

人工养殖大鲵是提高大鲵种群数量, 保护野生资源的有效手段^[7]。地下室微流水人工养殖方式相对于原生态养殖^[19]和仿生态养殖^[20], 改变了大鲵冬眠习性, 使其全年均能生长发育, 缩短了养殖周期, 加快了资源的增殖, 同时也是大鲵规模化养殖的重要手段。试验结果表明: 1 龄和 3 龄大鲵经过 2 周年人工养殖后, 平均体重增长率分别达到 6 874.5% 和 167.5%, 平均体长增长率分别达到 254.3% 和 50.5%。3 龄大鲵平均体重和体长增长率虽低于 1 龄大鲵, 但月均增重值高于 1 龄大鲵。王文林等得到池养大鲵的拐点年龄为 5 龄, 拐点体重为 1 791.78 g^[18], 地下室微流水人工养殖的大鲵拐点年龄为 3.38 龄,

拐点体重为 2 659.1 g,二者结果差别明显。推测主要原因为养殖方式和种质区别,池养大鲵有冬眠过程,地下室养殖大鲵则克服冬眠习性实现全年生长,并且前者养殖大鲵为捕捉的野生资源,后者为子二代大鲵,现有研究表明子二代大鲵具有明显生长优势^[21]。因此地下室微流水人工养殖过程中要抓住 3 龄前后大鲵体重快速增长的时期,科学养殖、精细管理,使人工养殖大鲵效益最大化。

3.2 注重饵料营养平衡与疾病防治

饵料营养是除水温外影响大鲵生长速度的另一关键因素。当前大鲵饵料投喂多以水产动物、畜禽肉类等动物饵料为主,虽然具有一定经济性,但不同动物饵料的饵料系数不同,并且存在营养不均衡,质量可控性差,来源不稳定等风险,不利于大鲵规模化养殖。现有研究表明^[22-23],使用人工配合饲料能有效提高大鲵生长速度,降低饵料系数,营养均衡,更适合规模化人工养殖大鲵,但目前关于大鲵人工配合饲料的研究有待于进一步开展。

人工养殖状态下由于摄食营养不均衡、水体易污染和放养密度相对较高等原因,大鲵易发生疾病,人工养殖大鲵的发病率比野生种群发病率高几十倍^[24]。大鲵发生疾病的原因是病原体、环境条件、大鲵的抗病力三者间相互作用的结果,因此大鲵疾病防治应围绕大鲵致病的三方面因素制定科学的防治措施,降低大鲵致病死亡风险。

饵料营养和疾病防治是大鲵人工养殖过程中重要环节,也是大鲵人工养殖成败的关键,因此,加强大鲵饵料营养与疾病的研究是大鲵人工健康养殖的保证。

3.3 非原产地人工繁殖研究有待加强

大鲵的繁殖,是大鲵资源保护和发展开发的重要基础和先决条件^[25]。目前我国大鲵人工繁殖的技术状况是催产率、受精率、孵化率偏低^[26-27],苗种来源主要以自然资源为主^[28]。此外,当大鲵达到性成熟时,其生长速度减缓,如果不进行繁殖,则养殖成本上升,导致效益下滑。山东作为非大鲵原产地的养殖地区,提升大鲵产业的前提是开展人工繁殖研究,但目前关于大鲵人工繁殖的研究较少,与湖南、陕西等大鲵原产地相比存在差距,有很大的发展和提升空间。

地下室微流水人工养殖试验在山东地区开展成功说明山东省适合发展大鲵人工养殖,发展大鲵人工养殖符合发展特色渔业的思路,能够有效推动渔业经济发展。当前应该开展饲料、繁殖以及基础研究工作促进山东大鲵产业的发展。

参考文献:

- [1] EGON H, NIKOLAY N, ANTON W, et al. Fast and furious: prey capture in the Chinese Giant Salamander (*Andrias davidianus*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2009, 153: s114 - s133.
- [2] MORESCALCHI A, ODIEMA G, OLMO E. Karyological relationships between the Cryptobranchid salamanders [J]. Experientia, 1977, 33: 1579 - 1581.
- [3] 王海文. 我国大鲵保护与人工养殖的现状与市场前景分析 [J]. 内陆水产, 2007(3): 25 - 27.
- [4] MURPHY R W, FU J Z, UPTON D E, et al. Genetic variability among endangered Chinese giant salamanders, *Andrias davidianus* [J]. Molecular Ecology, 2000, 9: 1539 - 1547.
- [5] 章克家, 王小明, 吴巍, 等. 大鲵保护生物学及其研究进展 [J]. 生物多样性, 2002, 10(3): 291 - 297.
- [6] YANG L P, MENG Z N, LIU Y, et al. Growth hormone and prolactin in *Andrias davidianus*: cDNA cloning, tissue distribution and phylogenetic analysis [J]. General and Comparative Endocrinology, 2010, 165: 177 - 180.
- [7] 侯进慧, 朱必才, 童玉玮, 等. 中国大鲵研究进展 [J]. 四川动物, 2004, 23(3): 262 - 266.
- [8] 郭永灿, 李廷宝, 仓道平. 中国大鲵生殖生理研究进展 [J]. 生命科学研究, 2005, 9(2): 99 - 104.
- [9] 黄俊海, 郑卫东, 黄景, 等. 中国大鲵南方工厂化养殖模式的研究 [J]. 水产科技, 2003(4): 43 - 46.
- [10] 刘孝华. 大鲵的生物学特性与人工养殖技术 [J]. 江苏农业科学, 2009, 37(4): 284 - 286.
- [11] 谭永安, 刘鉴毅, 陆毅安, 等. 中国大鲵子二代的健康养殖及其病害防治 [J]. 水利渔业, 2005, 25(1): 21 - 22.
- [12] GENG Y, WANG K Y, Zhou Z Y, et al. First report of a ranavirus associated with morbidity and mortality in farmed Chinese giant salamanders (*Andrias davidianus*) [J]. Journal of Comparative Pathology, 2011, 145: 95 - 102.
- [13] 牟洪民, 李媛, 姚俊杰, 等. 大鲵生物研究的新进展 [J]. 水产科学, 2011, 30(8): 513 - 516.
- [14] 吴学祥, 汤德元, 徐娥, 等. 大鲵饲养增重效果研究 [J]. 当代畜牧, 2010(3): 45 - 46.
- [15] 吴学祥, 欧德渊, 张依裕, 等. 大鲵幼苗饲养增重效果研究 [J]. 河北渔业, 2010(3): 10 - 12.
- [16] 金立成. 大鲵工厂化养殖技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 15 - 17.
- [17] 戴国俊, 王金玉, 杨建生, 等. 应用统计软件 spss 拟合生长曲线 [J]. 畜牧与兽医, 2006, 38(9): 28 - 30.

- [18] 王文林,詹克慧,陈平,等. 池养大鲵生长发育的初步研究[J]. 淡水渔业,1999,29(4):20-21.
- [19] 梁刚. 陕西省大鲵的繁育模式及初步评价[J]. 经济动物学报,2007,11(4):234-237.
- [20] 艾为明,敖鑫如. 大鲵的生物学特性及人工模拟生态繁殖[J]. 水利渔业,2005,25(6):46-47.
- [21] 刘鉴毅,谭永安,谭启森,等. 中国大鲵子二代适应能力及生长优势的研究[J]. 四川动物,2006,25(2):387-390.
- [22] 孙翰昌. 中国大鲵的营养需求与饲料[J]. 安徽农业科学,2009,37(29):14213-14217.
- [23] 张宝忠,洪冠南. 大鲵的食性与饲料[J]. 饲料研究,1997(6):24.
- [24] 王贵刚. 大鲵的生态习性及其人工养殖技术[J]. 农技服务,2010,27(5):611-612.
- [25] 陈云祥,黄伶俐. 大鲵(娃娃鱼)的五种增殖技术模式[J]. 海洋与渔业,2008(2):35-36.
- [26] 金立成. 中国大鲵繁殖生态学比较研究[J]. 渔业致富指南,2009(2):62-65.
- [27] 罗庆华,卢成英,刘清波. 中国大鲵繁殖生物研究进展[J]. 四川动物,2005,24(3):417-420.
- [28] 刘孝华. 大鲵的生物学特性与人工养殖技术[J]. 江苏农业科学,2009(4):284-286.

A study on farming techniques of Chinese giant salamander in basement with gentle flowing water

YU Zhen-hai¹, CHEN You-guang¹, JING Ying¹, XU Yuan-zhen², DONG Jun¹, WANG Ri-sheng³

(1. Freshwater Fishery Research Institute of Shandong Province, Jinan 250013, Shandong, China; 2. Juxian Fisheries Technology Extension Service, Juxian 276500, Shandong, China; 3. Rizhao Yuan Quan Gold-Salamander Bioengineering Co., Ltd, Juxian 276500, Shandong, China)

Abstract: In order to achieve the object of Chinese giant salamander (*Andrias davidianus*) large-scale cultivation in Shandong province area, an experiment on cultivation in basement with gentle flowing water was carried out. The experiment, set 2 age groups of 1 and 3 years old, analyzed many aspects of culture field construction, management of water quality, feed and disease prevention and treatment, and growth condition of Chinese giant salamander based on the results of biological measures. The results show that: After two years, the Chinese giant salamander's growth rate of average weight reached 6 874.5% and 167.5% and average length reached 254.3% and 50.5% when 1 and 3 years old respectively; The growth rate of weight taken on a character of "slow-fast-slow", and of body length reduced gradually with increased culture time; Specific growth rate displayed a rule of high first and low later, significantly reduced with culture time; Growth inflexion was 3.38, indicated that 3-4 years old is the critical period of weight growth. In all, the Chinese giant salamander cultivated in basement with gentle flowing water, has advantages in growth rate of body weight and length faster, growth inflexion coming earlier, cultivation cycle shorter. This study can provide reference for carrying out large-scale Chinese giant salamander culture in Shandong area.

Key words: Chinese giant salamander; basement; gentle flowing water; artificial culture