

The Annual Growth Change of *Monopterus albus* Cultured in Cage

Jihua Qiu^{1,2}, Shiyuan Gong^{1*}, Xugang He¹, Jinfei Cao¹, Liangtao Li¹

¹College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan Hubei

²Fisheries Technique Extend Stand in Jiujiang City, Jiujiang Jiangxi

Email: jihuaqiu@163.com, gsy@mail.hzau.edu.cn

Received: Jan. 13th, 2015; accepted: Jan. 26th, 2015; published: Feb. 3rd, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Through one-year sampling, growth change of *Monopterus albus* cultured in cage was studied using related growth equation for fish. Results showed that: the related equation of body length (L) and weight (W) of yellow and big spot rice field eel was $W = 0.001899L^{3.1014}$ ($r^2 = 0.986$). Body length and weight increased fastest in the second month. The growth equation of body length and weight was as follows: $L_t = 28.85 \left[1 - e^{-0.2165(t+0.1178)} \right]$, $W_t = 31.02 \left[1 - e^{-0.2165(t+0.1178)} \right]^{3.1014}$. By means of one-year cultivation in cage, the fry size met the requirement of commercial rice field eel best; its body length and weight were respectively 23.35 - 32.98 cm and 35.52 - 41.24 g. This provides scientific reference basis for artificial fry breeding of *Monopterus albus*, and selecting and remaining reserved samples of artificial breeding.

Keywords

Monopterus albus, Annual Growth Change, Cage Condition

网箱养殖条件下黄鳝周年生长变化的研究

邱吉华^{1,2}, 龚世园^{1*}, 何绪刚¹, 曹晋飞¹, 李亮涛¹

¹华中农业大学水产学院, 湖北 武汉

²江西省九江市水产技术推广站, 江西 九江

*通讯作者。

Email: jihuaqiu@163.com, *gsy@mail.hzau.edu.cn

收稿日期: 2015年1月13日; 录用日期: 2015年1月26日; 发布日期: 2015年2月3日

摘要

通过一周年的采样, 运用鱼类的相关生长方程研究了在网箱条件下黄鳝的生长变化。结果表明: 黄色大斑黄鳝体长(L)与体重(W)相关式为: $W = 0.001899L^{3.1014}$ ($r^2 = 0.986$)。体长和体重以第2月龄增加最快。体长和体重生长方程为: $L_t = 28.85[1 - e^{-0.2165(t+0.1178)}]$; $W_t = 31.02[1 - e^{-0.2165(t+0.1178)}]^{3.1014}$ 。在网箱养殖条件下生长1周年正是网箱养殖商品鳝所需要的最好苗种规格, 体长达到23.35~32.98 cm, 体重达到35.52~41.24 g。本文为黄鳝人工苗种养殖方式和选留人工繁殖后备亲本提供科学参考依据。

关键词

黄鳝, 周年生长变化, 网箱条件

1. 引言

黄鳝(*Monopterus albus* Zuiew)俗称鳝鱼、田鳅, 隶属于硬骨鱼纲、合鳃目、合鳃科、黄鳝属, 在我国仅产一种, 是我国重要的养殖鱼类之一。目前, 已出口到美国、韩国和日本等。

关于黄鳝生长的研究, 杨代勤等[1]、肖亚梅[2]分别在室内用水族箱和用池塘对人工繁育黄鳝的生长进行了研究; 彭秀真等[3]在池塘对养殖黄鳝生长进行了研究; 杨明生[4]、王良臣等[5]、刘修业等[6]、陈慧[7]、李芝琴等[8]和王文彬等[9]对野生黄鳝的年龄与生长进行了研究。目前, 在不同品系黄鳝的养殖中, 具有经济价值的主要有黄色大斑黄鳝、黄色细斑黄鳝和灰色隐斑黄鳝等3种。本文在网箱条件下对人工繁育的黄色大斑黄鳝周年生长变化进行研究, 旨在为人工黄鳝苗种养殖和选留人工繁殖后备亲本提供科学参考资料。

2. 材料与方法

2.1. 地点

本实验分别在湖北省汉川市、沙洋县和仙桃市等黄鳝繁育基地进行。实验时间为2009年7月至2010年6月。2010年7月至2014年2月又分别在上述基地补充样本。

2.2. 网箱

选用聚乙烯无结节网片, 网目大小2a为0.04 cm/目左右, 网箱上、下纲采用直径为2~3 mm的聚乙烯绳索, 网箱规格长×宽×高为2.0 m×2.0 m×1.5 m, 网箱高出水面50 cm, 无盖敞开式。

2.3. 黄鳝饲养

1月龄黄鳝基本采用水蚯蚓投喂, 2月龄以后逐步过渡到陆生蚯蚓、鱼和配合饲料, 配合饲料蛋白质含量为42%。1月龄放养密度为2000尾/m², 2月龄起放养密度为1 kg/m²。

2.4. 采样

每月月底定时采样, 每次随机采集样品54尾, 进行常规生物学测量。测量的生物学指标为体长、体

重, 长度在解剖镜下用目测微尺(仔稚鳝)和千分卡尺(幼鳝)测量, 精确到 0.01 cm, 重量用电子天平称取, 精确到 0.01 g。在网箱养殖条件下, 人工黄鳝仔鱼生长 1 周年, 即可达到养殖所需鱼种规格, 故其生长年龄按月龄计算, 并以 7 月月底采集的标本为 1 月龄。

2.5. 计算公式与方法

1) 体长与体重关系

$$W = aL^b$$

式中: W , 体重, g; L , 体长, cm; a , 生长系数; b , 生长指数。

2) 月增长率和月增重率

$$l = 100(L_2 - L_1)/L_1$$

$$g = 100(W_2 - W_1)/W_1$$

式中: l , 体长月增长率, %; g , 体重月增重率, %; L_1 , 上月龄体长, cm; L_2 , 下月龄体长, cm; W_1 , 上月龄体重, g; W_2 , 下月龄体重, g。

3) Von Bertalanffy 生长方程:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]; W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$$

4) 按最小二乘法计算 Von bertalanffy 生长方程中各参数值。

2.6. 数据处理

测量所得数据先用 EXCEL2003 进行初步统计, 然后用 Statistic 6.0 软件进行数据分析处理。

3. 结果

3.1. 体长与体重关系

根据黄鳝样本的实测体长、体重资料, 用幂函数来拟合体重和体长关系, 得到的最佳的体长(L)与体重(W)相关式为: $W = 0.001899L^{3.1014}$ ($r^2 = 0.986$)。

依据实测体重和体长制成图 1。

研究者指出, 在 $W = aL^b$ 式中, b 值通常在 2.5~4.0 之间。如果鱼的体长、体高和体宽为等速生长,

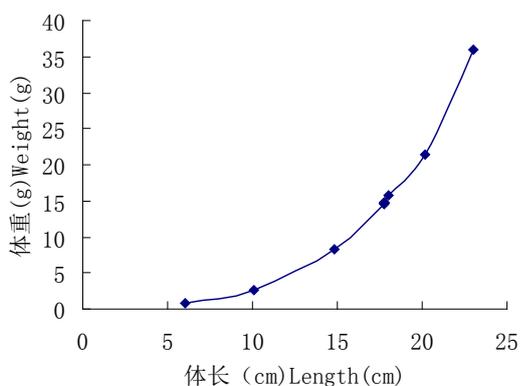


Figure 1. Relationship between body length and body weight of *Monopterus albus*
图1. 网箱养殖条件下黄鳝体长与体重关系

比重不变, 则 $b = 3$ 或接近 3。在上式中, $b = 3.1014$ 稍大于 3, 这表明网箱养殖条件下黄鳝生长属于等速生长。

3.2. 月增长率与增重率

网箱养殖条件下黄鳝的平均体长、体重、月增长率, 增重率见表 1, 体长以第 2 月龄增加最快, 3 月龄次之, 随着月龄的增长和冬季的到来, 体长的增长逐步下降, 冬季基本停止生长, 体长接近同一值。然而, 随着月龄的进一步增长和春季的到来, 体长的增长又逐步上升; 体重和体长的增长趋势基本相同, 同样以第 2 月龄增加最快, 3 月龄次之, 随着月龄的增长和冬季的到来, 体重的增长逐步下降, 冬季的体重也接近同一值。然而, 随着月龄的增长和春季的到来, 体重的增长又逐步上升。

3.3. 体长、体重和月龄的关系

用 Von Beralanffy 生长方程的 $L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ 和 $W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$ 来描述网箱养殖条件下黄鳝的体长和体重与月龄的关系, 经计算, 得到网箱养殖条件下黄鳝的体长和体重生长方程如下:

$$L_t = 28.85 \left[1 - e^{-0.2165(t+0.1178)} \right]$$

$$W_t = 31.02 \left[1 - e^{-0.2165(t+0.1178)} \right]^{3.1014}$$

将各月龄代入体长和体重生长方程式, 得到相应的体长和体重的计算值(表 2), 计算值与实测值的比较也如表 2 所示。由表可见, 网箱养殖条件下黄鳝的计算值与实测值基本相符。故可用 Von Beralanffy 生长方程来描述网箱养殖条件下黄鳝的生长。

网箱养殖条件下黄鳝体长与体重生长曲线分别见图 2 和图 3。由图 2 可见, 体长生长曲线是一条光滑不具拐点的上升曲线, 曲线开始上升较快, 随着月龄的增长, 曲线增长逐渐缓慢, 趋向渐近值 L_∞ 。这表明网箱养殖条件下黄鳝体长在开始的时候生长较快, 随着月龄的增长, 体长增长速度逐渐减慢。体重生长曲线是一条不对称的 S 型曲线, 这一曲线表明体重生长开始缓慢, 逐渐变快, 经拐点后又变慢的过

Table 1. The monthly growth rate of body length and weight of *Monopterus albus*

表 1. 网箱养殖条件下黄鳝的月增长率与增重率

月龄(月份)	平均体长(cm)	月增长(cm)	月增长(%)	平均体重(g)	月增重(g)	月增重率(%)
1 (7)	6.03	6.03		0.71	0.71	
2 (8)	10.08	4.05	64.29	2.72	2.01	283.10
3 (9)	14.84	4.40	43.65	8.34	5.62	206.62
4 (10)	17.72	2.88	19.41	14.56	6.22	74.58
5 (11)	17.74	0.02	0.11	14.68	0.12	0.82
6 (12)	17.75	0.01	0.05	14.69	0.01	0.07
7 (1)	17.75	0.00	0.00	14.68	-0.01	-0.07
8 (2)	17.76	0.01	0.05	14.72	0.04	0.27
9 (3)	17.79	0.03	0.19	14.84	0.12	0.82
10 (4)	18.76	0.97	5.65	17.23	2.39	16.11
11 (5)	20.61	1.85	9.86	23.35	6.12	35.52
12 (6)	23.01	2.40	11.65	32.98	9.63	41.24

Table 2. Comparison between the actual body size and body weight and that calculated by Von Bertalanffy growth equation of *Monopterus albus*
表2. 网箱养殖条件下黄鳝体长和体重实测值与Von Bertalanffy生长方程计算值

月龄(月份)	实测平均体长(cm)	计算平均体长(cm)	实测平均重量(g)	计算平均重量(g)
1 (7)	6.03	6.19	0.71	0.55
2 (8)	10.08	10.61	2.72	2.92
3 (9)	14.84	14.16	8.34	7.13
4 (10)	17.72	17.02	14.56	12.62
5 (11)	17.74	17.02	14.68	12.62
6 (12)	17.75	17.02	14.69	12.62
7 (1)	17.75	17.02	14.68	12.62
8 (2)	17.76	17.02	14.72	12.62
9 (3)	17.79	17.02	14.84	12.62
10 (4)	18.76	19.32	17.23	18.70
11 (5)	20.61	21.18	23.35	24.86
12 (6)	23.01	22.67	32.98	30.70

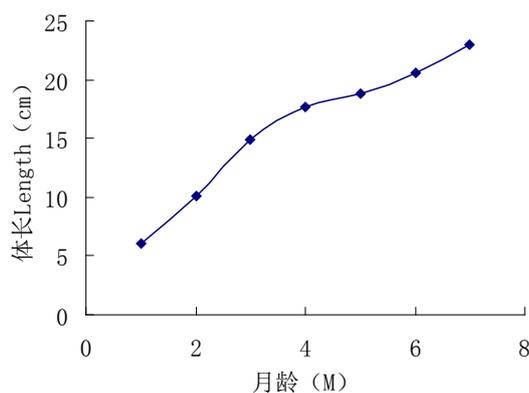


Figure 2. Curves of body length of *Monopterus albus*
图2. 网箱养殖条件下黄鳝体长生长曲线

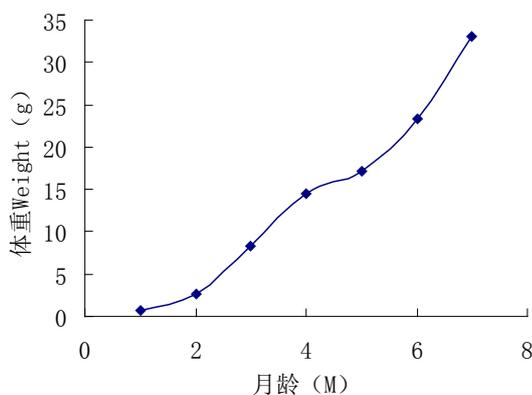


Figure 3. Curves of body weight of *Monopterus albus*
图3. 网箱养殖条件下黄鳝体重生长曲线

程。

3.4. 生长速度、加速度

鱼类的生长速度和加速度是用于描述其生长过程变化的特征。将前述所得的体长生长方程对 t 求一阶导数和二阶导数，即得出网箱养殖条件下黄鳢体长生长速度和生长加速度。

$$\begin{aligned} dl/dt &= L_{\infty} k e^{-k(t-t_0)} = 6.2460 \times e^{-0.2165(t+0.1178)} \\ d^2l/d^2t &= -L_{\infty} k^2 e^{-k(t-t_0)} = -1.3523 \times e^{-0.2165(t+0.1178)} \end{aligned}$$

将前述所得的体重生长方程对 t 求一阶导数和二阶导数，即得出网箱养殖条件下黄鳢体重生长速度和生长加速度。

$$\begin{aligned} dW/dt &= bW_{\infty} k e^{-0.2165(t+0.1178)} \left[1 - e^{-0.2165(t+0.1178)} \right]^{b-1} \\ &= 20.8285 e^{-0.2165(t+0.1178)} \left[1 - e^{-0.2165(t+0.1178)} \right]^{2.1014} \\ d^2w/d^2t &= bW_{\infty} k^2 e^{-0.2165(t+0.1178)} \left(1 - e^{-0.2165(t+0.1178)} \right)^{b-2} \left(b e^{-0.2165(t+0.1178)} - 1 \right) \\ &= 4.5094 e^{-0.2165(t+0.1178)} \left(1 - e^{-0.2165(t+0.1178)} \right)^{1.1014} \left(3.1014 e^{-0.2165(t+0.1178)} - 1 \right) \end{aligned}$$

将月龄代入前述的体长与体重的生长速度和加速度方程中，将所得数据与月龄制成图 4~图 7。

由图 4 和图 5 可以看出，网箱养殖条件下黄鳢的体长生长速度 dl/dt 随着月龄的增大而逐渐减小，体长生长加速度 d^2l/d^2t 则随着月龄的增加逐渐增大。

由图 6 和图 7 可以看出，当月龄在 1~5 月龄时，体重生长加速度 d^2w/dt^2 逐渐下降，是体重生长速度增速阶段，当月龄 $t \approx 5$ 时， dw/dt 达到最大值， $d^2w/dt^2 = 0$ ，体重生长加速度增长阶段结束，是生长过程的转折点，当 $t > 5$ 时， $d^2w/dt^2 < 0$ ，体重生长速度 dw/dt 逐渐减小。

4. 讨论

4.1. 网箱养殖条件下黄鳢体长与体重的关系

经过对网箱养殖条件下黄鳢体长与体重的多种相关式拟合和筛选，最终得出以幂函数 $y = ax^b$ 拟合得最好，且相关指数最高，即 $W = 0.001899L^{3.1014}$ ($r^2 = 0.986$)。与杨代勤等[1]在室内水族箱中黄鳢体长与

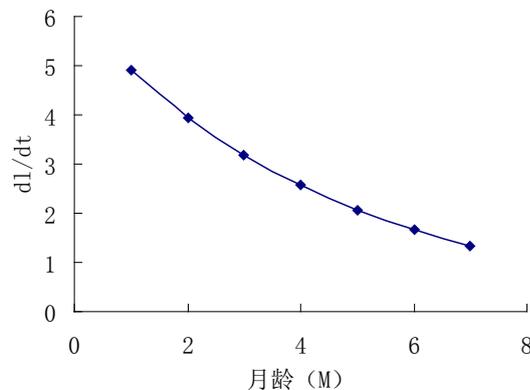


Figure 4. The growth rate of body length of *Monopterus albus*
图 4. 网箱养殖条件下黄鳢体长生长速度曲线图

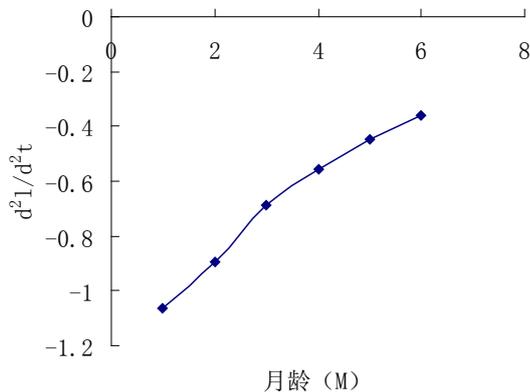


Figure 5. The body length growth acceleration of *Monopterus albus*
 图 5. 网箱养殖条件下黄鳝体长生长加速度曲线图

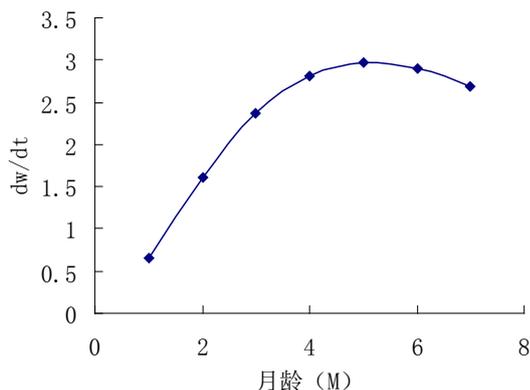


Figure 6. The growth rate of bodyweight of *Monopterus albus*
 图 6. 网箱养殖条件下黄鳝体重生长曲线图

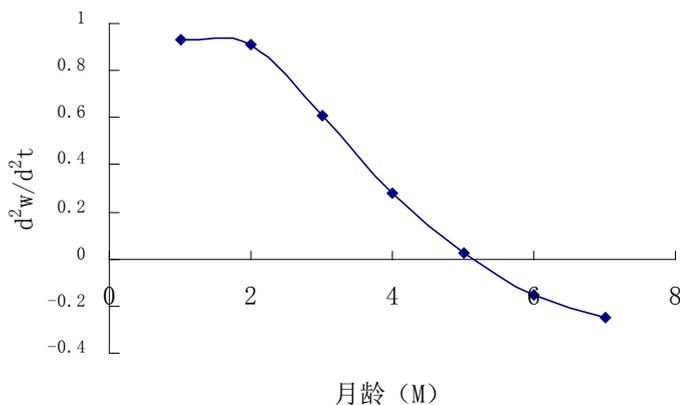


Figure 7. The body weight growth acceleration of *Monopterus albus*
 图 7. 网箱养殖条件下黄鳝体重生长加速度曲线图

体重的关系式 $W = 0.1911 \times 10^{-6} L^{3.08}$ 大致吻合; 与杨明生[4]、王良臣等[5]、陈慧[7]在自然条件下黄鳝体长与体重的关系式不符。这是因为在自然条件下黄鳝的生长速度慢一些、而在人工养殖条件下黄鳝的生长速度快一些所致, 其原因是生长环境优良, 饵料和饲料质量高, 适口性和易得性好。

4.2. 网箱养殖条件下黄鳝相对增长率与相对增重率

由表 1 可见,网箱养殖条件下黄鳝体长相对增长率以 2 月龄为最高,3 月龄次之,相对增长率的总体趋势是在生长的第一阶段(1~5 月龄)随着月龄的增加而下降,在生长的第二阶段(9~12 月龄)随着月龄的增加而上升;体重相对增重率也以 2 月龄增加最大,3 月龄次之,相对增重率的总体趋势是在生长的第一阶段(1~5 月龄)随着月龄的增加而下降,在生长的第二阶段(9~12 月龄)随着月龄的增加而上升。由此可见,网箱养殖条件下黄鳝体长相对增长率和体重相对增重率基本一致。

杨代勤等[1]没有统计在室内水族箱中黄鳝 1~4 月龄的体长相对增长率和体重相对增重率,因而得出在 1 周年范围内黄鳝的体长相对增长率和体重相对增重率随月龄的增加而增加,与本研究黄鳝的体长相对增长率和体重相对增重率在生长的第一阶段(1~5 月龄)随着月龄的增加而下降不符,与本研究黄鳝的体长相对增长率和体重相对增重率在生长的第二阶段(9~12 月龄)随着月龄的增加而上升相一致。

4.3. 网箱养殖条件下黄鳝生长曲线的意义

由图 2 可以看出,网箱养殖条件下黄鳝的体长生长曲线是一条光滑的、不具有拐点的弧线,在起始阶段,弧线上升的较快,随月龄增加上升逐渐减慢,最终趋向渐近值 L_{∞} 。这表明,网箱养殖条件下黄鳝的体长在生长阶段的前期,长的较快,到生长阶段后期,增长速度逐渐减慢。图 3 是网箱养殖条件下黄鳝的体重生长曲线图,由图可见,体重生长曲线是一条不对称的 S 型曲线,这一曲线表明体重生长开始缓慢,逐渐变快,经拐点后又变慢的过程。网箱养殖条件下黄鳝的拐点年龄大约在 5 月龄左右,其拐点重量约为 12.62 g。

从体长生长速度曲线图 4 和加速度曲线图 5 可以看出:网箱养殖条件下黄鳝随着月龄 t 的增大,体长生长速度(dl/dt)不断减慢,而体长生长加速度 d^2l/dt^2 却逐渐上升,但都位于 t 轴的下方,为负值,这表明随着月龄 t 的增加,体长生长速度的逐渐减慢,但是减慢速度逐渐缓慢。

从体重生长速度和加速度曲线显示:当 $t < 5$ 月龄时, dw/dt 上升, d^2w/dt^2 下降,位于 t 轴的上方,为正值,表明在 5 月龄前是网箱养殖条件下黄鳝种群体重生长递增的阶段,递增的速度渐趋降低;当 $t = 5$ 龄时,体重生长速度达到最大值, dw/dt 大约为 2.96,而体重生长加速度则降到最低($d^2w/dt^2 = 0$);当 $t > 5$ 龄时, dw/dt 和 d^2w/dt^2 均下降,而且 d^2w/dt^2 位于 t 轴的下方为负值,表明此时种群体重生长递减阶段,加速度从 0 到负值的最低点。

4.4. 网箱养殖条件下黄鳝生长拐点的意义

由表 1 可以看出,网箱养殖条件下黄鳝在 3~4 月龄和 11~12 月龄相对增重比较大,相对增重率总体趋势是开始逐渐下降、尔后逐渐上升。从图 6 体重生长速度曲线图和图 7 体重生长加速度曲线图可以看到,当 $t = 5$ 时,网箱养殖条件下黄鳝的体重生长速度达到最大,加速度为零,当 t 继续增加,体重生长加速度为负值,体重生长速度逐渐减缓。网箱养殖条件下黄鳝的生长拐点不具有捕捞的生产理论意义,而只是阐明在 1 周年中的生长趋势和生长规律。

在黄鳝的 1 周年生长中,3~4 月龄正是秋季快速生长的 9~10 月份,11~12 月龄正是夏季快速生长的 5~6 月份。因此,在网箱养殖条件下黄鳝生长 1 周年正是网箱养殖商品鳝所需要的最好苗种规格,体重达到 35.52~41.24 g。

5. 结论

- 1) 黄色大斑黄鳝体长(L)与体重(W)相关式为: $W = 0.001899L^{3.1014} (r^2 = 0.986)$ 。
- 2) 体长和体重以第 2 月龄增加最快。体长和体重生长方程为: $L_t = 28.85 \left[1 - e^{-0.2165(t+0.1178)} \right]$;

$$W_t = 31.02 \left[1 - e^{-0.2165(t+0.1178)} \right]^{3.1014}。$$

3) 在网箱养殖条件下生长 1 周年正是网箱养殖商品鳝所需要的最好苗种规格, 体长达到 23.35~32.98 cm, 体重达到 35.52~41.24 g。

4) 网箱是黄鳝人工苗种养殖的优良方法。

基金项目

国家科技支撑计划项目(07BAD37BO4); 湖北省重大科技攻关项目(06AA203AO1); 武汉市科技局攻关项目(09200322145); 国家科专项基金(13C26214203924)。

参考文献 (References)

- [1] 杨代勤, 陈芳, 李道霞, 等 (1993) 黄鳝生长特性的初步研究. *湖北农学院学报*, **3**, 194-199.
- [2] 肖亚梅 (1993) 黄鳝个体生长的研究. *内陆水产*, **6**, 7-9.
- [3] 彭秀真, 王育锋, 周嗣泉 (1996) 池养黄鳝生长速度的观测. *内陆水产*, **4**, 5-6.
- [4] 杨明生 (1993) 黄鳝年龄和生长的研究. *淡水渔业*, **1**, 43-45.
- [5] 王良臣, 刘修业, 阎家本, 等 (1985) 黄鳝生物学因素关系的研究. *鱼类学论文集(第四辑)*. 科学出版社, 北京, 147-154.
- [6] 刘修业, 王良臣 (1987) 黄鳝性别与年龄、体长、体重等的关系及性腺的组织变化. *淡水渔业*, **6**, 12-14.
- [7] 陈慧 (1998) 黄鳝的年龄鉴定与生长. *水产学报*, **4**, 296-302.
- [8] 李芝琴, 欧阳珊, 吴小平, 等 (2008) 鄱阳湖黄鳝的生长特征. *动物学杂志*, **3**, 113-120.
- [9] 王文彬, 曾伯平, 罗玉双, 等 (2008) 洞庭湖区黄鳝性别与体长及体重的关系. *湖南农业大学学报*, **4**, 469-473.

汉斯出版社为全球科研工作者搭建开放的网络学术中文交流平台。自2011年创办以来，汉斯一直保持着稳健快速发展。随着国内外知名高校学者的陆续加入，汉斯电子期刊已被450多所大中华地区高校图书馆的电子资源采用，并被中国知网全文收录，被学术界广为认同。

汉斯出版社是国内开源（Open Access）电子期刊模式的先行者，其创办的所有期刊全部开放阅读，即读者可以通过互联网免费获取期刊内容，在非商业性使用的前提下，读者不支付任何费用就可引用、复制、传播期刊的部分或全部内容。

