水生生物学报
ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA

泥鳅早期生长特征及不同投喂策略对仔稚鱼生长性能的影响

陈琪 潘杰 曾毅 张亚洲 张锦华 余传启 杨竹青 周秋白 王自蕊

GROWTH CHARACTERISTICS AND DIFFERENT FEEDING STRATEGIES ON THE GROWTH PERFORMANCE OF JUVENILE *MISGURNUS ANGUILLICAUDATUS*

CHEN Qi, PAN Jie, ZENG Yi, ZHANG Ya-Zhou, ZHANG Jin-Hua, YU Chuan-Qi, YANG Zhu-Qing, ZHOU Qiu-Bai, WANG Zi-Rui

在线阅读 View online: https://doi.org/10.7541/2024.2023.0262

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

饲料β-葡聚糖和灭活乳酸菌的添加对泥鳅幼鱼生长性能、肠脂肪酸组成及免疫性能的影响

EFFECTS OF DIETARY SUPPLEMENTATION OF β-GLUCAN AND HEAT-KILLED *LACTOBACILLUS PLANTARUM* ON GROWTH PERFORMANCE, INTESTINAL FATTY ACID COMPOSITION AND IMMUNE RESPONSE OF DOJO LOACH *MISGURNUS ANGUILLICAUDATUS*

水生生物学报. 2019, 43(1): 52-59 https://doi.org/10.7541/2019.007

不同饵料对稀有鮈鲫仔稚鱼生长、消化道及消化酶的影响

THE EFFECTS OF DIFFERENT BAITS ON THE GROWTH AND ACTIVITIES OF THE DIGESTIVE TRACT AND ENZYME OF THE LARVAE AND JUVENILE *GOBIOCYPRIS RARUS*

水生生物学报. 2018, 42(1): 114-122 https://doi.org/10.7541/2018.015

西江鲤仔稚鱼生长及消化酶活性变化

THE GROWTH AND DIGESTIVE ENZYMES ACTIVITIES OF COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO*) DURING LARVAL STAGE

水生生物学报. 2019, 43(2): 362-366 https://doi.org/10.7541/2019.045

红鳍笛鲷仔、稚鱼异速生长

ALLOMETRIC GROWTH IN LARVAL AND JUVENILE CRIMSON SNAPPER *LUTJANUS ERYTHOPTERUS*

水生生物学报. 2017, 41(1): 206-213 https://doi.org/10.7541/2017.26

拟赤梢鱼的胚胎发育和仔稚鱼生长特性观察

EMBRYONIC AND LARVAL-JUVENILE DEVELOPMENTAL CHARACTERISTICS OF *PSEUDASPIUS LEPTOCEPHALUS*

水生生物学报. 2021, 45(3): 636-644 https://doi.org/10.7541/2021.2020.017

斑仔、稚鱼形态发育及异速生长模式研究

MORPHOLOGICAL DEVELOPMENT AND ALLOMETRIC GROWTH PATTERN OF *KONOSIRUS PUNCTATUS* AT LARVAE AND JUVENILE STAGES

水生生物学报. 2019, 43(5): 1021-1033 https://doi.org/10.7541/2019.121

关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2024.2023.0262

泥鳅早期生长特征及不同投喂策略对仔稚鱼生长性能的影响

陈 琪[1,2] 潘 杰[1,2] 曾 毅[1,2] 张亚洲[1,2] 张锦华[1,2] 余传启[1,2]
杨竹青[1,2] 周秋白[1,2*] 王自蕊[1,2*]

(1. 江西农业大学动物科学技术学院, 南昌 330045; 2. 南昌市特色水生生物营养生理与健康养殖重点实验室, 南昌 330045)

摘要: 实验通过研究不同投喂策略对泥鳅仔稚鱼时期生长发育的影响, 以期筛选出理想的饵料组合, 通过对泥鳅早期生长曲线的拟合分析, 初步探究泥鳅早期生长的特点, 为泥鳅苗种培养和健康养殖提供参考。用蛋黄、轮虫、卤虫及配合饲料的不同组合分阶段投喂均重为0.01 g左右的泥鳅, 并在15dph、40dph 和55dph时对各组称重并测量全长, 比较不同饵料组合对泥鳅仔稚鱼生长性能的影响, 采用SPSS 26.0进行方差分析及生长曲线拟合和回归分析。在15—40dph期间, 轮虫+卤虫+蛋黄组SGR(9.50±0.18)%显著高于轮虫+蛋黄组(7.40±0.13)%及卤虫组(5.75±0.04)%(P<0.05); 在41—55dph阶段, 饲喂卤虫+配合饲料组SGR最高, 为(8.89±0.49)%, 显著高于轮虫+卤虫+蛋黄及卤虫+蛋黄+配合饲料组(P<0.05)。终末全长、末均重及WGR变化与SGR趋势相同。对仔稚鳅前期15—40dph投喂轮虫+卤虫+蛋黄, 后期41—55dph投喂卤虫+配合饲料组进行生长曲线拟合及回归分析, 全长和日龄之间的关系符合三次函数: TL=1E–05x^3–0.0007x^2+0.0679x+0.4071 (R^2=0.995); 体重与日龄之间的关系符合三次函数: BW=5E–06x^3–0.0002x^2+0.0048x–0.0125 (R^2=0.958); 全长与体重之间的关系符合幂函数, 关系式: LWR=0.0062$x^{2.7838}$ (R^2=0.988)。实验表明泥鳅仔稚鱼期前期15—40dph投喂轮虫+卤虫+蛋黄, 后期41—55dph投喂卤虫+配合饲料可获得较佳生长性能。泥鳅仔稚鱼体重与全长之间呈显著的幂函数关系: LWR=0.0062$x^{2.7838}$(R^2=0.988), b值显著小于3 (P<0.05), 为负异速生长模式。

关键词: 仔稚鱼; 特定生长率; 生长曲线; 投喂策略; 泥鳅

中图分类号: S965.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2024)04-0610-07

泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)隶属鲤形目、鳅科、花鳅亚科、泥鳅属[1], 有着极高的营养价值, 其适应性强、成活率高, 养殖成本低, 肉质鲜美。近年来, 泥鳅养殖业迅速发展, 人工养殖规模不断扩大, 对泥鳅苗种的需求量也不断上升, 但目前人工培育的泥鳅苗种的成活率普遍较低, 因此饵料的选择对泥鳅养殖而言尤为重要。

随着仔鱼的口逐步发育完善, 仔鱼常根据饵料大小选择食饵对象[2]。轮虫及卤虫等浮游动物适合泥鳅仔鱼口径, 在游动过程中能够被仔鱼顺利摄食, 适口性较好, 所含氨基酸的种类齐全, 不会对水体造成污染。此外, 卤虫还具有增强免疫力和活力的特点[3]。蛋黄作为生产实践中常见的人工饵料, 在传统的鱼苗培养中得到广泛应用, 但蛋黄在投喂过程中存在不易储存、投入量及形态不好把握等缺陷, 使泥鳅苗种无法及时摄食或因其太小而难以摄食, 对水质也存在一定的影响[4], 对于免疫力不高的鱼苗而言, 容易造成鱼苗死亡。

目前, 在大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*)[5]、台湾泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus* Taiwan)[6]、中华鲟(*Acipenser sinensis*)[7]等经济鱼类中已逐步开发出专门的配合饲料作为其开口饵料, 然而大部分研究表明生物饵料如轮虫、卤虫等作为开口饵料仍具有一定的优势, 配合饲料由于营养组

收稿日期: 2023-08-20; **修订日期:** 2023-11-02

基金项目: 国家现代农业产业技术体系专项资金(CARS-46); 抚州市“揭榜挂帅”项目: 稻蛙鳅绿色种养关键技术; 江西省教育厅重点项目(GJJ210404)资助 [Supported by the China Agriculture Research System (CARS-46); Fuzhou City's "Open Competition Mechanism to Select the Best Candidates"; Jiangxi Provincial Department of Education (GJJ210404)]

作者简介: 陈琪(2000—), 女, 研究生在读; 研究方向为水产动物营养与饲料。E-mail: 973107026@qq.com

通信作者: 周秋白(1965—), 男, 教授, 博士生导师; 研究方向为水产健康养殖技术。E-mail: zhouqiubai@163.com 王自蕊(1980—), 女, 教授; 研究方向为水产动物营养与免疫。E-mail: wangzirui0406@163.com *共同通信作者

©The Author(s) 2024. This is an open access article under the CC-BY 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

成及加工工艺等不同导致饲料质量存在优劣[6]。研究表明, 泥鳅在早期生长阶段消化系统在15—20日龄逐渐完善[8,9], 过早摄入配合饲料, 鱼苗可能因缺乏微粒饲料的消化能力而不利于其成活和生长[10]。

目前大量研究集中于泥鳅开口饵料的研究, 随着泥鳅的生长, 天然饵料不能满足其生长发育的需要, 饵料的营养性、适口性是培育过程中的关键因素。因此本实验拟通过研究不同组合的饵料对泥鳅仔稚鱼时期生长发育的影响, 以期筛选出理想的饵料组合, 探究泥鳅早期发育的特点, 为泥鳅苗种培养和健康养殖提供参考。

1　材料与方法

1.1　实验泥鳅

实验泥鳅为江西农业大学特种水产研究所泥鳅繁殖基地自繁获得, 用小球藻、轮虫饲养15日龄(Days post hatching, dph) 至平均体长为(1.2662±0.021) cm, 平均体重为(0.011±0.001) g的鳅苗。

1.2　实验方法

实验饵料　　蛋黄、轮虫、卤虫及配合饲料(表 1)。蛋黄用200目网布包住揉碎投喂; 丰节虫为滨州鸿溪水产有限公司生产的鸿溪大红卵; 配合饲料为通威泥鳅育成浮性配合饲料1673, 粗蛋白≥38%, 粗脂肪≥5%, 用磨粉机磨成粉料进行投喂。

投喂方式　　15—40dph分别用轮虫+卤虫+蛋黄(A1)、轮虫+蛋黄(B1)、卤虫(C1)饲喂, 后转为用轮虫+卤虫+蛋黄(A2)、卤虫+配合饲料(B2)、卤虫+蛋黄+配合饲料(C2)继续饲喂至55dph。

1.3　饲养管理

饲养容器为66 cm×50 cm×42 cm的塑料白桶, 养殖用水为曝气自来水, 配备充氧装置, 24h不间断充氧; 实验期间每天早上8:30和下午17:00进行投喂, 投喂量根据摄食情况而定; 每天记录泥鳅苗种摄食与活动情况, 实验期间水温20—27℃, 溶解氧5—7 mg/L; 每天进行换水, 清除死苗、残饵、粪便等。

表 1　不同阶段饵料组合

Tab. 1　Different diets at different stages

时间 Time	设定依据 Setting basis	组别 Group	饵料组合 Diet
15—40dph	泥鳅仔鱼开始摄入外源性饵料, 肠道功能开始形成, 投喂不同组合饵料	A1	轮虫+卤虫+蛋黄
		B1	轮虫+蛋黄
		C1	卤虫
41—55dph	各组鱼苗体长体重出现不同程度增长, 生物饵料与配合饲料混合投喂进行转食	A2	轮虫+卤虫+蛋黄
		B2	卤虫+配合饲料
		C2	卤虫+蛋黄+配合饲料

1.4　指标测定

在15dph、40dph和55dph时对各组称重并测量全长。用游标卡尺测量其全长, 用电子天平测量吸干残留水分后的质量, 测完后再迅速将鱼苗放回水中。测量过程中小心、迅速, 确保鱼苗不受伤、不死亡。

计算公式如下:

特定生长率: $SGR=[(\ln W_t-\ln W_0)/t]\times100$

增重率: $WGR=(W_t-W_0)/W_0\times100$

肥满度: $CF=(W_t/L_t^3)\times100$

式中, L_t表示在t时间的鱼的体长, W_t表示在t时间的鱼的体重, W_0表示在初始时间的鱼的体重。

1.5　数据处理

实验结果用“平均数±标准误”表示, 用SPSS 26.0进行统计分析, 用Duncan’s多重比较进行差异性检验, 显著水平为$P<0.05$。

用SPSS 26.0进行生长曲线拟合以及回归分析, 用t检验比较b值是否与3 (等速生长下的b值)具有显著性差异, 显著水平为$P<0.05$, 判断鱼类生长异速情况, 即当t检验无显著性差异时, 表示该鱼类为等速生长; 当t检验有显著性差异时, 表示异速生长(且当$b>3$时为正异速生长, $b<3$时为负异速生长)。

2　结果

2.1　不同饵料组合对泥鳅生长性能的影响

本实验采用卤虫、轮虫、蛋黄及配合饲料的不同组合作为实验饲料, 分阶段培育泥鳅40d后结果如表 2所示。

在15—40dph期间, A1组泥鳅增重率和特定生长率最高, WGR、SGR、末全长及末均重显著高于B1和C1组($P<0.05$); B1组增重率和特定生长率显著高于C1组($P<0.05$); A1、B1和C1组肥满度之间无显著差异。

在41—55dph期间, A2组泥鳅增重率和特定生长率最低, 显著低于B2和C2组($P<0.05$); B2组增重率和特定生长率最高, WGR、SGR、末全长及末均重均显著高于A2和C2组($P<0.05$); A2、B2和C2组的肥满度无显著差异, B2组肥满度高于A1和C1组。

2.2　泥鳅个体早期发育阶段体重、全长、日龄之间的关系

经过40d饲喂后, B组的体重由0.0117增至0.2741 g, 全长由1.2704增至3.6880 cm。在发育过程中, 全长和日龄之间的关系最符合三次函数(表 3), 关系式为$TL=1E{-}05x^3-0.0007x^2+0.0679x+0.4071$($R^2=0.995$), 拟合曲线见图 1。体重与日龄之间的关系最符合三次函数(表 4), 关系式为$BW=5E{-}06x^3-0.0002x^2+0.0048x-0.0125$($R^2=0.958$), 拟合曲线见图 2。

表 2 不同饵料组合投喂对泥鳅生长性能的影响(平均值±标准误)

Tab. 2 Effects of different diets on growth of *M. anguillicaudatus* (mean±SE)

组别 Group	初全长 Initial body length (cm)	末全长 Final body length (cm)	初均重 Initial body weight (g)	末均重 Final body weight (g)	增重率 WGR (%)	肥满度 CF (g/cm^3)	特定生长率 SGR (%)
A1	1.2760±0.0083	2.9453±0.0282^c	0.0109±0.0009	0.1166±0.0057^c	976.74±49.95^c	0.46±0.02	9.50±0.18^c
B1	1.2733±0.0093	2.5387±0.0179^b	0.0121±0.0002	0.0770±0.0036^b	536.16±20.56^b	0.47±0.02	7.40±0.13^b
C1	1.2493±0.0192	2.0920±0.0288^a	0.0104±0.0003	0.0440±0.0018^a	321.13±4.62^a	0.48±0.01	5.75±0.04^a
A2	2.9453±0.0282^c	3.3107±0.0381^b	0.1166±0.0057^c	0.1819±0.0089^b	56.10±3.48^a	0.50±0.02	2.97±0.15^a
B2	2.5387±0.0179^b	3.6973±0.0724^c	0.0770±0.0036^b	0.2917±0.0081^c	281.20±27.23^c	0.58±0.04	8.89±0.49^c
C2	2.0920±0.0288^a	2.7640±0.0069^a	0.0440±0.0018^a	0.1208±0.0038^a	174.98±2.80^b	0.57±0.02	6.74±0.07^b

注: 表中数据为3个重复的平均值; 同一行相同右上角含有相同英文上标字母或无上标表示无显著差异(P≥0.05)

Note: Data are means of triplicates. Means in each bar sharing the same superscript letter or absence of superscripts are not significantly different determined by Tukey's test (P≥0.05)

表 3 全长与日龄之间关系的参数估计

Tab. 3 The model summary and parameter estimates (total length & days)

	模式摘要Model summary					参数估计Parameter estimates			
	R^2	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
线性函数Linear	0.992	7317.283	1	58	0	0.422	0.056		
对数函数Logarithmic	0.756	179.578	1	58	0	–0.237	0.754		
二次函数Quadratic	0.993	4174.356	2	57	0	0.482	0.049	0	
三次函数Cubic	**0.995**	**3498.951**	**3**	**56**	**0**	**0.407**	**0.068**	**–0.001**	**1.014E–5**
幂函数Power	0.916	635.315	1	58	0	0.379	0.511		
S型函数S	0.520	62.839	1	58	0	0.743	–1.615		
增长函数Growth	0.935	833.549	1	58	0	–0.400	0.034		
指数函数Exponential	0.935	833.549	1	58	0	0.671	0.034		
逻辑斯蒂函数Loglistic	0.935	833.549	1	58	0	1.491	0.967		

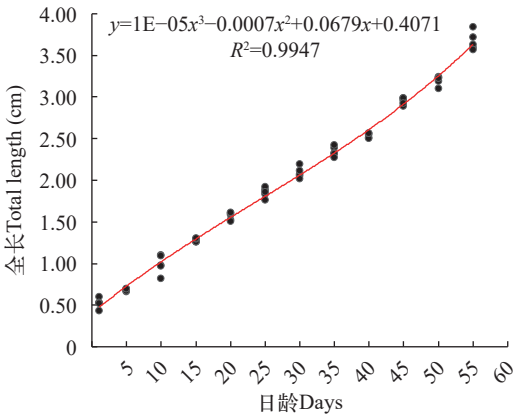

图 1 仔稚泥鳅全长与日龄的变化曲线

Fig. 1 Curve of total length and days

全长与体重的关系最符合幂函数(表 5), 关系式为LWR=0.0062$x^{2.7838}$(R^2=0.988), 拟合曲线见图 3。

3 讨论

3.1 不同饵料组合投喂15—40dph泥鳅仔稚鱼生长性能的变化

陆专灵等[3]对培育20d泥鳅苗种的体长数据进行生长曲线拟合与回归分析, 发现丰年虫作为泥鳅开口饵料生长速率最快且存活率最高, 与劳顺德等[11]研究结果相符。而本研究显示, 在15—40dph期间单纯用卤虫饲喂泥鳅仔稚鱼, 其SGR、WGR、末均重、末全长均显著低于其他组, 可能是因为采用卤虫饲喂时间过长, 投喂的饵料营养单一而不能满足后期发育的营养需求。朱明等[4]发现在培养水体中添加蛋黄被轮虫取食后, 能丰富轮虫的营养成分, 泥鳅通过摄食营养强化后的轮虫促进个体生长。本实验中饲喂轮虫+卤虫+蛋黄组泥鳅的SGR、WGR、末均重和末全长均显著高于其他组, 表明经过营养强化的卤虫和轮虫适宜在泥鳅食道发育完全、肠道消化功能逐渐完善的时期及稚鱼期进行投喂。

3.2 不同饵料组合投喂41—55dph泥鳅仔稚鱼生长性能的变化

在41—55dph阶段, 根据前期投喂生长性能的变化, 适当改变后期的投喂饵料, 继续对泥鳅稚鱼进行培养。彭聪等[12]对泥鳅早期发育阶段的食性研究表明, 泥鳅在早期发育阶段随着日龄增长表现出对浮游动物的选择性。因此, 在生产过程中需提

表 4　体重与日龄之间关系的参数估计

Tab. 4　The model summary and parameter estimates (body weight & days)

	模式摘要Model summary					参数估计Parameter estimation			
	R^2	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
线性函数Linear	0.737	162.818	1	58	0	–0.045	0.004		
对数函数Logarithmic	0.389	36.957	1	58	0	–0.066	0.046		
二次函数Quadratic	0.918	317.622	2	57	0	0.021	–0.003	0	
三次函数Cubic	**0.958**	**423.193**	**3**	**56**	**0**	**–0.012**	**0.005**	**0**	**4.528E–6**
幂函数Power	0.911	593.682	1	58	0	0	1.426		
S型函数S	0.529	65.033	1	58	0	–3.002	–4.560		
增长函数Growth	0.937	856.378	1	58	0	–6.209	0.094		
指数函数Exponential	0.937	856.378	1	58	0	0.002	0.094		
逻辑斯蒂函数Loglistic	0.937	856.378	1	58	0	497.444	0.910		

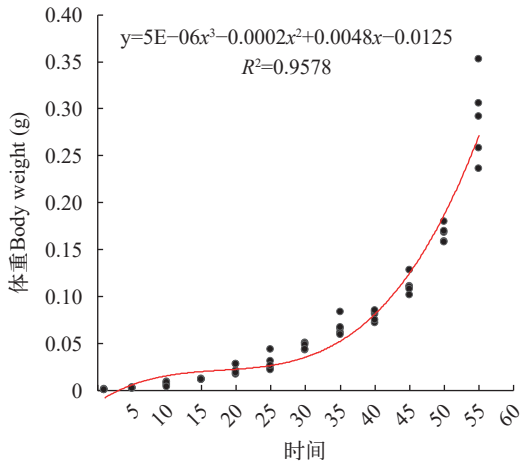

图 2　仔稚泥鳅体重与日龄的变化曲线

Fig. 2　Curve of body weight and days

供易消化吸收的适口活饵料或营养全面的配合饲料以利生长。蒋宗杰等[13]通过比较泥鳅与其他鱼肌肉的蛋白质含量, 结合市场泥鳅料的效果反馈, 认为泥鳅育成料饲料的适宜蛋白质含量为30%—34%, 脂肪适宜需求为5%—7%。Segner等[14]研究发现仔鱼消化饵料的种类影响仔鱼的消化生理机能, 意味着混合投饲可以改善仔鱼摄食和消化能力。本研究发现, 投喂卤虫+配合饲料组SGR、WGR、均末重、末全长均显著高于其他组, 这可能归因于配合饲料中的营养成分能提供泥鳅稚鱼期生长所需的营养。投喂轮虫+卤虫+蛋黄组SGR、WGR、均末重、末全长显著低于其他组, 可能是由于泥鳅对轮虫和卤虫的选择性下降, 且营底栖生活, 很少活动。

41—55dph阶段, 生物饵料与人工饵料的配合投喂在泥鳅仔稚鱼期有着良好的效果, 但生物饵料培养需要耗费大量的精力, 且成本居高不下, 不适宜长时间进行投喂, 随泥鳅的生长及消化功能的完善, 可逐步转食为配合饲料从而达到人工驯化的目的, 获得较为理想的人工培育效果。

3.3　泥鳅早期发育阶段生长特点

在鱼类早期发育阶段, 由于体型的变化导致鱼体各部分生长速度的不一致, 这被称为异速生长, 是鱼类的一个常见特征, 生长发育的不均匀也反映了鱼类形态变化与功能的适应性, 异速生长被认为是个体发生过程中的一种进化策略[15, 16]。

本实验泥鳅仔稚鱼体重与全长之间呈显著的幂函数关系, 体重与全长之间的关系式为LWR=$0.0062x^{2.7838}$ (R^2=0.988), 符合殷名称[17]提出的最常见$W=aL^b$模型, 这在鱼类中较为普遍, 如杂交鲟(*Acipenser baeri* ♀ × *Acipenser sehrenckii* ♂)、弧唇裂腹鱼(*Schizothorax curvilabiatu*)、短尾高原鳅(*Triplophysa brevicauda*)和理县高原鳅(*Triplophysa lixianensis*)等[18—21]。式中a为条件因子(Condition factor), 反映所处环境条件状况[20], b为异速生长因子(Allometric factor), 反映生长发育的不均匀性[22]。在鱼类中, 参数b的可能取值为2.5—4.0, 通常接近于3[17]。当b=3时或者接近于3时, 认为是等速生长, 当b<3时则认为是负异速生长。

本实验b值为2.7838, b值显著小于3 (P<0.05), 体重与全长之间为负异速生长模式, 这与张云龙[23]结论一致, 认为泥鳅早期发育阶段呈负异速生长, 与高淼[9]对于仔稚鳅的研究结论不一致, 认为是等速生长, 可能是因为其分析阶段为0—70d, 且研究的为体长与体重之间的关系。随着泥鳅的长大, 异速性减弱, 成鳅的b值接近或大于3, 发育趋向均匀, 等速生长[24—27]。 b值并不是固定的, 不同种群、不同发育阶段及不同环境都会对体重与体长关系式的b值都有影响。从本实验泥鳅体重、全长及日龄之间的关系可看出, 泥鳅仔稚鱼的全长增长较体重增重更早, 其早期生长特点为全长先增加, 体重增长较为缓慢, 侧重于体长的发育。

表 5 体重与全长之间关系的参数估计

Tab. 5 The model summary and parameter estimates(body weight & total length)

	模式摘要Model summary					参数估计Parameter estimateion			
	R^2	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
线性函数Linear	0.775	200.147	1	58	0	–0.079	0.075		
对数函数Logarithmic	0.568	76.404	1	58	0	0.014	0.105		
二次函数Quadratic	0.942	464.404	2	57	0	0.042	–0.079	0.038	
三次函数Cubic	0.953	381.701	3	56	0	–0.020	0.051	–0.034	0.012
幂函数Power	**0.988**	**47887.318**	**1**	**58**	**0**	**0.006**	**2.784**		
S型函数S	0.908	573.975	1	58	0	–1.325	–3.189		
增长函数Growth	0.932	799.004	1	58	0	–6.896	1.664		
指数函数Exponential	0.932	799.004	1	58	0	0.001	1.664		
逻辑斯蒂函数Loglistic	0.932	799.004	1	58	0	988.292	0.189		

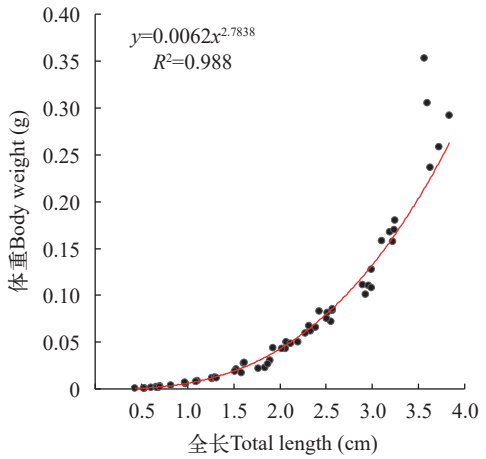

图 3 仔稚泥鳅体重与全长的变化曲线

Fig. 3 Curve of body weight and total length

4 结论

实验表明, 泥鳅仔稚鱼期前期15—40dph投喂轮虫+卤虫+蛋黄, 后期41—55dph投喂卤虫+配合饲料可获得较佳生长性能。泥鳅仔稚鱼体重与全长之间呈显著的幂函数关系, 体重与全长之间的关系式LWR=0.0062$x^{2.7838}$ (R^2=0.988), b<3, 为负异速生长模式。

参考文献:

[1] Wang Z R, Zhou Q B, Zhang J H, *et al*. Research progress on nutritional requirement of loaches [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, **31**(6): 2451-2457. [王自蕊, 周秋白, 张锦华, 等. 泥鳅营养需求研究进展 [J]. 动物营养学报, 2019, **31**(6): 2451-2457.]

[2] Wang Y J, Zhou B, Zhai X L. Research status of artificial propagation and open bait of loach [J]. *Journal of Beijing Fisheries*, 2008(2): 23-25. [王有基, 周兵, 翟旭亮. 泥鳅的人工繁殖以及开口饵料的研究现状 [J]. 北京水产, 2008(2): 23-25.]

[3] Lu Z L, Zhao Z T, Hou S J, *et al*. Effect of initial feed on survival rate of *Misgurnus anguillicaudatus* larvae and its growth curve fitting [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2016, **47**(8): 1411-1415. [陆专灵, 赵忠添, 侯树鉴, 等. 开口饵料对泥鳅苗种存活率的影响及其生长曲线拟合分析 [J]. 南方农业学报, 2016, **47**(8): 1411-1415.]

[4] Zhu M, Yan W L, Chen X K. The primary study of the initial feed and feeding methods for the larvae of *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor) [J]. *Journal of Aquaculture*, 2012, **33**(1): 17-19. [朱明, 晏维龙, 陈秀开. 泥鳅鱼苗开口饵料及其投喂方式的初步研究 [J]. 水产养殖, 2012, **33**(1): 17-19.]

[5] Wang Y D, Chen H L, Wang Y J. Influence of different initial feed on survival and growth of *Paramisgurnus dabryanus sauvage* larva [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2015(13): 312. [王银东, 陈红莲, 王永杰. 不同开口饵料对大鳞副泥鳅仔鱼成活率和生长的影响研究 [J]. 现代农业科技, 2015(13): 312.]

[6] Chen B, Huang Y H, Sun Y P, *et al*. Effects of different initial diets and feeding modes on growth performance in *Misgurnus anguillicaudatus* Taiwan larvae [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2017, **44**(11): 152-158. [陈冰, 黄燕华, 孙育平, 等. 不同开口饵料及其投喂方式对台湾泥鳅仔鱼生长性能的影响 [J]. 广东农业科学, 2017, **44**(11): 152-158.]

[7] Chen P, Yang Y J, Du H J, *et al*. Effects of initial feed on growth performance, digestive enzyme activities, antioxidant and immune function of larvae of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2023, **35**(2): 1160-1168. [陈沛, 杨元金, 杜合军, 等. 开口饲料对中华鲟仔鱼生长性能、消化酶活性以及抗氧化和免疫功能的影响 [J]. 动物营养学报, 2023, **35**(2): 1160-1168.]

[8] Liu Y Q, Gao S T, Hu Y, *et al*. Histological observation on the post-embryonic development of the digestive system in *Paramisgurnus dabryanus* [J]. *Journal of Chongqing Normal University* (Natural Science), 2016, **33**(3): 31-37. [刘亚秋, 高胜涛, 胡雨, 等. 大鳞副泥鳅消

化系统胚后发育组织学观察 [J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2016, **33**(3): 31-37.]

[9] Gao M. Studies on the digestive tract development of loach and the requirement of lipid and protein in juvenile loach [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2021. [高淼. 泥鳅消化道发育及幼鳅脂肪、蛋白需求的研究 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2021.]

[10] Du Q, Wang Y Y, Zeng S, *et al*. Effect of four kinds of initial feeding on the growth and survival of Qingshui River *Cyprinus carpio* larvae [J]. *China Feed*, 2019(19): 75-78. [杜强, 王艳艳, 曾圣, 等. 4种开口饵料对清水江鲤仔鱼生长和存活率的影响 [J]. 中国饲料, 2019(19): 75-78.]

[11] Lao S J, Wang Y C, Gong C, *et al*. Comparative experiment of several diets on the growth of loach larvae [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2014, **20**(23): 111-112. [劳顺建, 王雨辰, 龚超, 等. 几种饵料对泥鳅乌仔生长的比较试验 [J]. 安徽农学通报, 2014, **20**(23): 111-112.]

[12] Peng C, Fan Q X, Liu R P, *et al*. The feeding habits of *Misgurnus anguilicaudatus* during the early developmental stage [J]. *Journal of Hydroecology*, 2013, **34**(1): 76-81. [彭聪, 樊启学, 刘汝鹏, 等. 泥鳅早期发育阶段的食性研究 [J]. 水生态学杂志, 2013, **34**(1): 76-81.]

[13] Jiang Z J, He J H, Gao Q P, *et al*. Preliminary study on special feed for loach [J]. *Animal Agriculture*, 2010(7): 20-22. [蒋宗杰, 贺建华, 高启平, 等. 泥鳅专用饲料初探 [J]. 饲料与畜牧, 2010(7): 20-22.]

[14] Segner H, Rösch R, Verreth J, *et al*. Larval nutritional physiology: studies with *Clarias gariepinus, Coregonus lavaretus* and *Scophthalmus maximus* [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1993(24): 121-134.

[15] Su L, Luo S, Qiu N, *et al*. Comparative allometric growth of rare minnow (*Gobiocypris rarus*) in two culture environments [J]. *Hydrobiologia*, 2020, **847**(9): 2083-2095.

[16] Pélabon C, Firmat C, Bolstad G H, *et al*. Evolution of morphological allometry [J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2014, **1320**(1): 58-75.

[17] Yin M C. Fish Ecology [M]. China Agriculture Press, 1995. [殷名称. 鱼类生态学 [M]. 中国农业出版社, 1995.]

[18] Bai T Q, Su X, Yao J J, *et al*. Effect of spring water on the growth and development of the larval and early-stage juvenile hybrid sturgeon (*Acipenser baeri* ♀ × *Acipenser sehrenckii* ♂) [J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2021, **40**(4): 77-81. [白天泉, 苏昕, 姚俊杰, 等. 山泉水养殖杂交鲟仔稚鱼及早期幼鱼生长发育研究 [J]. 山地农业生物学报, 2021, **40**(4): 77-81.]

[19] Chen F, Liu Y C, Wei C, *et al*. Study on the relationship between body length and weight of juvenile fish with *Schizothorax curvilabiatus* [J]. *Xizang Science and Technology*, 2020(10): 11-12. [陈锋, 刘艳超, 魏聪, 等. 察隅弧唇裂腹鱼仔稚鱼体长体重关系研究 [J]. 西藏科技, 2020(10): 11-12.]

[20] Liu Y C, Chen F, Weng S Y, *et al*. Relationship of body length and weight and gonadal related characteristics of *Triplophysa brevicauda* in the Xialuo National Wetland Park of Qusong County, Tibet [J]. *Plateau Science Research*, 2021, **5**(4): 44-49. [刘艳超, 陈锋, 翁仕洋, 等. 西藏曲松下洛国家湿地公园短尾高原鳅的体长体重关系和性腺相关特征 [J]. 高原科学研究, 2021, **5**(4): 44-49.]

[21] Lai J S, Chen Y Y, Yan T, *et al*. Length-weight relationships, genetic diversity and differentiation level of *Triplophysa lixianensis* in Dadu River [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2023, 1-13. [赖见生, 陈叶雨, 颜涛, 等. 大渡河理县高原鳅体长体重关系、遗传多样性和分化水平研究 [J]. 西南农业学报, 2023: 1-13.]

[22] Wang M, Zhou X, Hong B, *et al*. Impact of seasonal changes on *Palaemon annandalei* length-weight relationships in northern Hangzhou Bay [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2020, 27(11): 1325-1332. [王淼, 周轩, 洪波, 等. 杭州湾北部安氏白虾体长与体重关系的季节变化特征[J]. 中国水产科学, 2020, 27(11): 1325-1332.]

[23] Zhang Y L. Early development and mechanism of ammonia tolerance in the Chinese loach *Paramisgurnus dabryanus* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016. [张云龙. 大鳞副泥鳅早期发育及耐氨机制研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.]

[24] Huang S Q, Wang Y K, Zhao T, *et al*. Age structures and growth characteristics of *Paramisgurnus dabryanus* and *Misgurnus anguillicaudatus* in Henan Province [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2014, **33**(5): 93-98. [黄松钱, 王也可, 赵婷, 等. 河南地区大鳞副泥鳅和泥鳅的年龄与生长 [J]. 华中农业大学学报, 2014, **33**(5): 93-98.]

[25] Wang M, Wang W M, Yan J L. Comparative study on the age and growth of *Misgurnus anguillicaudatus* and *Paramisgurnus dabryanus* [J]. *Water Resources and Fisheries*, 2001, **22**(1): 7-9. [王敏, 王卫民, 鄢建龙. 泥鳅和大鳞副泥鳅年龄与生长的比较研究 [J]. 水利渔业, 2001, **22**(1): 7-9.]

[26] Wang K, Ling Q F, Li Q, *et al*. Primary study on the age and growth of *Misgurnus anguillicaudatus* and *Paramisgurnus dabryanus* in the area of Suzhou [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2009, **18**(5): 553-558. [王坤, 凌去非, 李倩, 等. 苏州地区泥鳅和大鳞副泥鳅年龄与生长的初步研究 [J]. 上海海洋大学学报, 2009, **18**(5): 553-558.]

[27] Liu Y, Yang X F, Yang R B. Age structure and growth characteristics of *Paramisgurnus dabryanus* in Chabalang Wetland of Tibet [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2019, **35**(17): 144-149. [刘源, 杨学芬, 杨瑞斌. 西藏茶巴朗湿地外来种大鳞副泥鳅年龄与生长的研究 [J]. 中国农学通报, 2019, **35**(17): 144-149.]

GROWTH CHARACTERISTICS AND DIFFERENT FEEDING STRATEGIES ON THE GROWTH PERFORMANCE OF JUVENILE *MISGURNUS ANGUILLICAUDATUS*

CHEN Qi[1, 2], PAN Jie[1, 2], ZENG Yi[1, 2], ZHANG Ya-Zhou[1, 2], ZHANG Jin-Hua[1, 2], YU Chuan-Qi[1, 2], YANG Zhu-Qing[1, 2], ZHOU Qiu-Bai[1, 2] and WANG Zi-Rui[1, 2]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Jiangxi Agricultural University*, *Nanchang* 330045, *China*; 2. *Key Laboratory of Featured Hydrobios Nutritional Physiology and Healthy Breeding*, *Nanchang* 330045. *China*)

Abstract: This experiment aims to investigate the effects of different feeding strategies on the growth and development of loach juveniles in order to screen out ideal bait combination. By fitting and analyzing the early growth curve of loach, the preliminary characteristics of early growth of loach are explored, providing reference for the cultivation and healthy breeding of loach culture. Loach with an average weight of about 0.01 g was fed in stages with egg yolk, rotifer, artemia and compound feed. The total length of each group was weighed and measured at the 15dph, 40dph and 55dph. The effects of different feed combinations on the growth performance of Loach juvenile fish were compared, and SPSS 26.0 was used for ANOVA, growth curve fitting and regression analysis. During the period of 15—40dph, the SGR (9.50±0.18)% in the rotiferworm+artemia+egg yolk group was significantly higher than that in the rotifer+egg yolk group (7.40±0.13)% and artemia group (5.75±0.04)% (P<0.05). During 41—55dph, the SGR in the artemia+compound feed group was the highest, at (8.89±0.49)%, which was significantly higher than that in the rotifer+artemia+egg yolk and artemia+yolk+compound feed group (P<0.05). The changes in final length, final weight, and WGR are the same as SGR trends. The growth curve fitting and regression analysis were carried out on rotifer+artemia+egg yolk in the early stage of 15—40dph and Artemia+compound feed group at 41—55dph in the later stage, and the relationship between total length and days was consistent with the quadratic cubic equation: $TL=1E-05x^3-0.0007x^2+0.0679x+0.4071$ (R^2=0.995). The relationship between body weight and days is in line with the cubic equation: $BW=5E-06x^3-0.0002x^2+0.0048x-0.0125$ (R^2=0.958); The relationship between total length and weight conforms to the power function equation: $LWR=0.0062x^{2.7838}$ (R^2=0.988). This experiment showed that feeding loach juveniles with rotifer+artemia+egg yolk from 15—40dph in the early stage, and artemia+compound feed from 41—55dph in the later stage, resulted in better growth performance. There was a significant power function relationship between body weight and total length of loach juveniles: $LWR=0.0062x^{2.7838}$(R^2=0.988), and the b value was significantly less than 3 (P<0.05), which was a negative allokinetic growth mode.

Key words: Juvenile fish; Specific growth rates; Growth curve; Feeding strategies; *Misgurnus anguillicaudatus*