

不同光照强度对黄盖鲈仔稚鱼摄食情况的影响

王荟杰, 刘越, 代乾良, 武世雄, 王伟* (大连海洋大学辽宁省北方鱼类应用生物学与增养殖重点实验室, 辽宁大连 116023)

摘要 分别以 20、25 和 35 日龄的黄盖鲈(*Pseudopleuronectes yokohamae*)仔稚鱼为试验对象, 设置光照强度 0~1 000 lx 的 9 个试验组, 计算黄盖鲈仔稚鱼的摄食强度和 90 min 内的摄食率。再以 20 d 黄盖鲈仔稚鱼为试验对象, 设置光照强度 100~500 lx 的 5 个试验组, 计算 90 min 内的摄食效率。结果表明: 在 0~1 000 lx 光照强度内, 黄盖鲈仔稚鱼的最佳摄食强度对应的光照强度为 100~600 lx。在光照强度 0~1 000 lx 内, 黄盖鲈仔稚鱼达到最佳摄食强度时的光照强度为 100~600 lx。20 d 和 35 d 仔稚鱼在光照强度 400 lx 时摄食强度最大, 其中 35 d 日龄仔稚鱼摄食强度随光照强度增加而减弱。摄食效率在进食后 10 min 达到最大, 随后开始降低。试验结果明确了黄盖鲈仔稚鱼最佳摄食光照强度, 为黄盖鲈人工育苗及健康养殖技术提供依据。

关键词 黄盖鲈; 仔稚鱼; 光照强度; 摄食

中图分类号 S965 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)03-0079-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.03.021



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Different Light Intensity on Feeding Condition of Larvae and Juveniles of *Pseudopleuronectes yokohamae*

WANG Hui-jie, LIU Yue, DAI Qian-liang et al (Liaoning Key Laboratory of Applied Biology and Aquaculture of Fish, Dalian Ocean University, Dalian, Liaoning 116023)

Abstract The feeding intensity and feeding rate within 90 min were calculated by using 9 experimental groups of 20, 25 and 35-day age larvae of *Pseudopleuronectes yokohamae* under light intensity of 0-1 000 lx, respectively. Then, five experimental groups with light intensity of 100-500 lx were set to calculate the feeding efficiency within 90 minutes. The results showed that in the light range of 0-1 000 lx, the optimal feeding intensity corresponding to the light intensity range of 100-600 lx for larvae and juveniles of *Pseudopleuronectes yokohamae*. The feeding intensity of 20-day-old and 35-day-old larval fish was the highest when the light intensity was 400 lx, and the feeding intensity of 35-day-old larval fish decreased with the increase of light intensity. The feeding efficiency reached the maximum at 10 min after eating, and then began to decrease. The results indicated the optimal feeding light intensity for larvae and juveniles of fish, which provided the basis for artificial seedling breeding and healthy breeding technology of *Pseudopleuronectes yokohamae*.

Key words *Pseudopleuronectes yokohamae*; Larvae and juveniles of fish; Light intensity; Feeding

近年来, 鱼类工厂化养殖已经逐渐发展成为一个较成熟的现代水产养殖模式, 在我国的海水养殖业中迅速崛起^[1]。黄盖鲈(*Pseudopleuronectes yokohamae*)是因杂食, 耐低温, 适应能力强, 肉质鲜美, 营养丰富等优点成为我国重要的经济海水鱼类^[2-4]。我国黄盖鲈主要产于黄海和渤海海域^[5]。20 世纪 90 年代初, 毕庶万等^[6]首次报道我国人工养殖黄盖鲈技术。但截至目前, 黄盖鲈仍然没有实现大规模的工厂化养殖。在工厂化养殖中, 由于仔稚鱼对环境变化敏感性强^[7-8], 很多实验证实鱼类摄食效率易受光照强度影响。鱼类摄食强度随光照强度的变化而变化, 不同种类鱼的最佳摄食光照强度也存在差异^[9]。目前, 光照对黄盖鲈仔稚鱼摄食影响方面的研究仍未见报道。笔者研究了不同光照强度对黄盖鲈仔稚鱼摄食情况的影响, 其研究结果可为进一步完善黄盖鲈育苗技术提供依据。

1 材料与方

1.1 试验材料 该试验在大连海洋大学辽宁省北方鱼类应用生物学与增养殖重点实验室进行, 试验用黄盖鲈仔稚鱼是该实验室通过人工孵化、培育获得。试验前在体积为 2 m×1 m×1 m 的方形水槽中暂养, 饵料使用强化后的 L 型褶皱臂尾轮虫。选择体形一致且发育良好的健康仔稚鱼进行试验。试验仔稚鱼为 20、25、35 d 不同日龄的仔稚鱼, 平均体长

(3.0±1.5) cm, 平均体质量(11.0±2.0) g。

使用充气泵进行充气, 每日使用虹吸管进行吸底 2 次, 除去残渣粪便, 保证水质良好且水深不变。试验用海水经沉淀、过滤、消毒储存处理, 水温为 10.0~12.0 °C。

1.2 试验设计

1.2.1 测定摄食节律。 试验使用在饱腹状态下饥饿 24 h 后的黄盖鲈仔稚鱼, 以确保试验用鱼饥饿程度一致, 试验前将试验用鱼置于相同的 1 L 容器中, 每个容器有 20 d 日龄仔稚鱼 50 尾、35 d 日龄仔稚鱼 30 尾, 投喂 104 个 L 型轮虫。试验分为 4 个试验组, 分别为 20 d 日龄自然光照组、35 d 日龄自然光照组、20 d 日龄持续光照组、35 d 日龄持续光照组。其中自然光照组试验 24 h 均采用在室内的自然光照条件, 持续光照组在试验 24 h 内, 白天采用自然光照条件, 夜间使用白炽灯照射条件。试验从当日 0:00 至次日 0:00, 每隔 2 h 随机取 10 尾黄盖鲈仔稚鱼, 解剖并计算每尾仔稚鱼消化道中的 L 型轮虫数, 并测定液体表面光照强度值。

上述试验重复 3 次, 试验结果为 3 次试验的平均值。

1.2.2 光照强度对仔稚鱼摄食情况影响。 研究表明黄盖鲈喜欢光照低于 1 000 lx 的环境^[10], 故设置光照区间在 0~1 000 lx。该试验光源为统一规格的白炽灯, 在无任何其他光源的暗室内设置 9 个光照组; 通过白炽灯调节光照度分别为 100、200、300、400、500、600、800、1 000 lx, 再单独设置一组全黑的实验组。每组仔稚鱼数量 50 尾, 饲养于 1 L 烧杯中, 仔稚鱼及饵料提前适应 2 h。试验组设置 3 组平行。

每个试验组投喂密度为 9~10 个/ml 的褶皱臂尾轮虫,

基金项目 辽宁省科技重大专项计划项目(2020JH1/10200002)。
作者简介 王荟杰(1997—), 女, 辽宁丹东人, 硕士研究生, 研究方向: 水产养殖。* 通信作者, 教授, 博士, 从事鱼类生物学研究。
收稿日期 2021-07-21

观察在不同光照强度下仔稚鱼的摄食情况,90 min 后解剖仔稚鱼,在解剖镜下观察记录仔稚鱼消化道内轮虫咀嚼器的个数,计算不同光照强度下仔稚鱼的摄食强度和摄食率。

20 日龄组仔稚鱼在投饵后的 10、20、40、60、90 min 时,分别取 0、100、200、300、400、500 lx 光照组每组 10 尾仔稚鱼,进行编号后解剖,在解剖镜下观察记录仔稚鱼消化道内轮虫咀嚼器个数,计算摄食效率。

上述试验重复 3 次,试验结果为 3 次试验的平均值。

1.3 测定项目与数据处理 摄食强度 F_s 计算公式如下:

$$F_s(\text{个/尾}) = \text{仔稚鱼消化道内饵料总数} / \text{样品仔稚鱼总个数}$$

摄食率是单位时间内的摄食强度^[11],其计算公式如下:

$$F[\text{个}/(\text{尾} \cdot \text{min})] = F_s / \text{时间}$$

摄食效率表明在前一阶段摄食状况所导致的生理状态影响,仔稚鱼摄食活动的变化特点,即摄食动力学过程^[12],计算公式如下:

$$\Delta F_s / \Delta T = (F_{s2} - F_{s1}) / (T_2 - T_1)$$

式中, F_{s2} 表示 T_2 时段的摄食强度, F_{s1} 表示 T_1 时段的摄食强度。

2 结果与分析

2.1 摄食强度与光照强度的关系

该试验研究了黄盖鲮仔稚鱼的摄食节律。不同昼夜节律下黄盖鲮仔稚鱼的摄食节律包含日摄食量、仔稚鱼摄食率,观察结果见表 1 和表 2。

表 1 不同昼夜节律下 20 d 日龄黄盖鲮仔稚鱼的摄食节律

Table 1 Feeding rhythm of all kinds of 20 day *Pseudopleuronectes yokohamae* larvae under different day night rhythms

投喂时间 Feeding time	自然光照组(室外) Natural light group(outdoor)			持续光照组(室内) Continuous lighting group(indoor)		
	光照强度 Light intensity//lx	摄食量 Food intake//个/尾	摄食率 Feeding rate//%	光照强度 Light intensity//lx	摄食量 Food intake//个/尾	摄食率 Feeding rate//%
00:00	0	0.3	30.0	220	1.1	56.7
02:00	0	0.3	23.3	206	1.2	53.3
04:00	0	0.2	16.7	222	1.0	43.3
06:00	0	2.1	70.0	215	2.6	90.0
08:00	253	4.2	100.0	264	3.9	100.0
10:00	387	4.6	100.0	399	4.5	100.0
12:00	443	4.1	100.0	420	3.7	100.0
14:00	326	3.1	90.0	338	2.8	73.3
16:00	203	4.3	100.0	197	4.2	100.0
18:00	0	2.4	63.3	200	2.2	63.3
20:00	0	1.2	46.7	209	1.2	63.3
22:00	0	0.9	30.0	213	1.2	63.3
00:00	0	0.6	23.3	223	1.1	55.4

表 2 不同昼夜节律下 35 d 日龄黄盖鲮仔稚鱼的摄食节律

Table 2 Feeding rhythm of all kinds of 35 day *Pseudopleuronectes yokohamae* larvae under different day night rhythms

投喂时间 Feeding time	自然光照组(室外) Natural light group(outdoor)			持续光照组(室内) Continuous lighting group(indoor)		
	光照强度 Light intensity//lx	摄食量 Food intake//个/尾	摄食率 Feeding rate//%	光照强度 Light intensity//lx	摄食量 Food intake//个/尾	摄食率 Feeding rate//%
00:00	0	0.4	33.3	305	1.3	56.7
02:00	0	0.4	20.0	319	1.2	50.0
04:00	0	0.2	16.7	313	1.6	36.7
06:00	178	3.2	70.0	178	3.2	73.3
08:00	341	6.5	100.0	341	6.5	100.0
10:00	441	4.8	100.0	441	5.7	100.0
12:00	535	3.2	100.0	535	3.2	100.0
14:00	435	2.8	70.0	435	2.8	73.3
16:00	349	5.8	100.0	349	5.8	100.0
18:00	203	2.4	60.0	185	2.5	63.3
20:00	0	1.2	46.7	300	2.3	60.0
22:00	0	0.9	33.3	302	2.2	63.3
00:00	0	0.6	20.7	285	1.0	53.4

在自然昼夜和持续光照条件下,黄盖鲮仔稚鱼摄食率不同,且均以白天摄食为主,仔稚鱼的摄食强度和摄食率都随时间呈现出一定的规律性(图 1)。在 08:00—12:00,20 d 日龄仔稚鱼摄食率几乎都为 100%,20 d 日龄黄盖鲮仔稚鱼摄食量高峰分别出现在 10:00~12:00 和 16:00~18:00,其中 10:00~12:00 最大摄食量大于 16:00~18:00 的摄食量;35 d 日龄仔稚鱼上午的摄食高峰出现在 08:00~10:00,相比 20 d 日龄提早了 2 h。试验结果表明,黄盖鲮仔稚鱼一天内的摄食活力在上午较强,且摄食后一段时间趋于平静。

2.2 摄食强度与光照强度的关系

由图 2 知,光照强度对不同日龄仔稚鱼的摄食强度有明显的影响。当光照强度高于 800 lx 时,仔稚鱼的摄食强度呈下降趋势,明显对仔稚鱼摄食情况不利;当光照强度在 100~600 lx 内,仔稚鱼的摄食强度在一个相对良好的状态;0 lx 时仔稚鱼几乎不摄食,说明黄盖鲮仔稚鱼主要依靠视觉来辅助摄食。

不同日龄的仔稚鱼处于最佳摄食强度的光照强度不同,20 d 和 25 d 日龄的仔稚鱼在光照强度 400 lx 时摄食最佳,分别为 2.7、3.2 个/尾;35 d 日龄的仔稚鱼最佳摄食强度为光

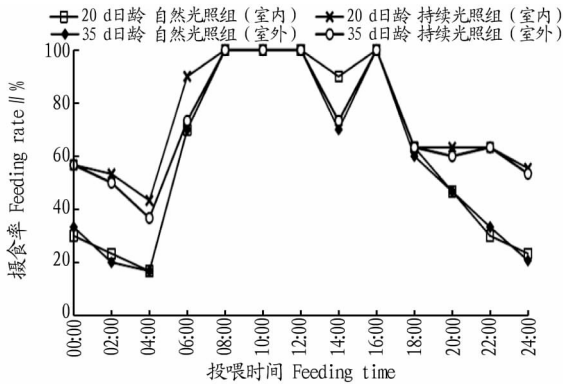


图1 24 h 不同日龄不同光照组黄盖鲈仔稚鱼摄食率变化

Fig. 1 Changes of feeding rate of *Pseudopleuronectes yokohamae* larvae at different ages and light groups in 24 hours

照强度是 100 lx 时,其摄食强度为 4.4 个/尾,说明随着日龄的增长,黄盖鲈仔稚鱼的摄食量逐渐增大。造成不同日龄仔稚鱼最佳摄食强度不同的原因,可能是由于不同日龄的仔稚鱼生活习性不同:20 d 和 25 d 日龄的仔稚鱼为浮游性生活,35 d 日龄的仔稚鱼伏底生活,伏底后仔稚鱼的最佳摄食强度对应的光照强度相较伏底前降低。

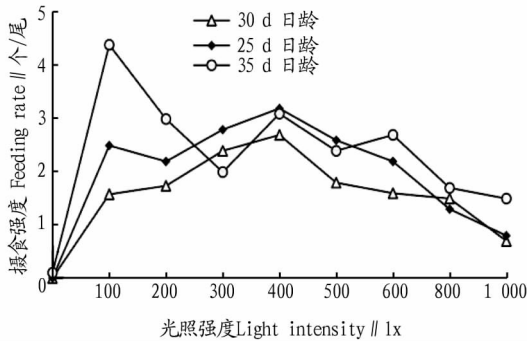


图2 不同光照强度对不同日龄黄盖鲈仔稚鱼摄食强度的影响

Fig. 2 Effect on feeding intensity of *Pseudopleuronectes yokohamae* larvae under different light intensity

2.3 黄盖鲈仔稚鱼摄食率变化的特点 由图 3 可以看出,在不同的光照强度下,随摄食时间的增加,黄盖鲈仔稚鱼的摄食率呈现下降趋势,并且在摄食前期,不同光照强度下仔稚鱼的摄食率差异较明显,摄食率下降得很快;摄食后期不同光照强度下仔稚鱼的摄食率近似趋近一致,摄食率下降缓慢。不同光照强度下仔稚鱼的摄食率在 10 min 以内最高;随着时间的延长,在 60 min 以后仔稚鱼的摄食率已经达到了 90% 以上,因此在投饵的初期仔稚鱼摄食能力强,随着时间推移,仔稚鱼不再受饥饿刺激,胃饱满度增加,导致摄食能力下降,摄食率随之下降。

同一时间不同光照强度下摄食率相差较大:10 min 时,光照强度 400 lx 下摄食率最大,光照强度 100 lx 时摄食率最小,值分别为 0.124 和 0.074,最大摄食率与最小摄食率之间几乎相差 2 倍,可见光照强度对仔稚鱼的摄食率会产生影响。60 min 以后,不同光照强度下仔稚鱼的摄食速率开始趋于相似,可见摄食时间对于仔稚鱼的摄食率的影响较大。

2.4 仔稚鱼摄食效率 黄盖鲈仔稚鱼在不同光照强度下的

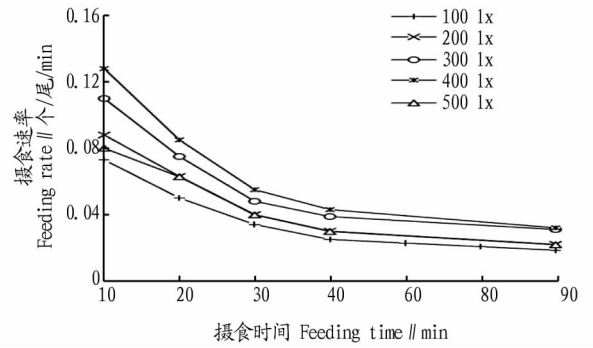


图3 不同光照强度下黄盖鲈仔稚鱼摄食率与摄食时间的关系

Fig. 3 Relationship between feeding rate and feeding time of *Pseudopleuronectes yokohamae* larvae under different light intensity

摄食效率见图 4。在不同光照强度下,0~10 min 时间段仔稚鱼的摄食效率最高,其次是 20、40、60、90 min。随着时间的增加,仔稚鱼的摄食效率开始降低。曲线在光照强度为 400 lx 时为峰值,10 min 时摄食效率最高,其数值为 0.124;90 min 时摄食效率对比其他时间段是最低的,其数值为 0.03,说明当光照强度为 400 lx 时最适合黄盖鲈仔稚鱼摄食。

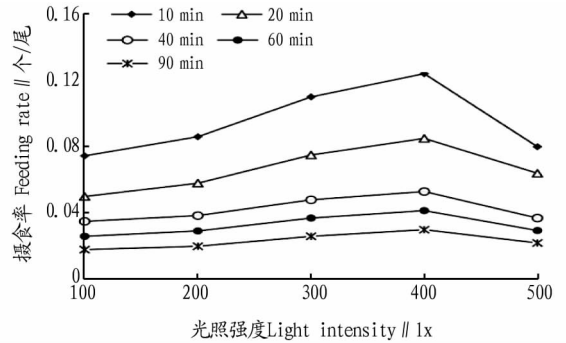


图4 不同光照强度下黄盖鲈仔稚鱼的摄食效率

Fig. 4 Feeding effectiveness of *Pseudopleuronectes yokohamae* larvae under different light intensity

3 讨论

光是许多生物生存必不可少的一项生态因子,在水生生物互相依存的环境中,光具有多种生态功能与作用,它直接或间接地影响动物的摄食、繁殖和生长等活动^[13]。不同的光照强度、光照时间和光谱成分都对水生生物的生存、摄食、繁殖和生长等活动有影响^[14]。

3.1 仔稚鱼摄食节律 鱼类的摄食节律是一种内源性节律,一些学者认为鱼类的摄食节律可能与生物钟有关,是生物长期进化的结果,短期内不因生态因子的改变而改变,但是仍会受到光照、水温、溶氧和饲料等外界环境变化的影响,从而使其自身适应环境^[15]。

鱼类的摄食节律分为日摄食节律、潮汐摄食节律及年摄食节律^[16]。大多数鱼虾的摄食活动有明显的日周期变化。鱼类的日摄食节律可分为 3 种类型:白天摄食、夜间摄食和晨昏摄食。关于鲈鱼的摄食节律国内外均有相关研究,大菱鲈(*Scophthalmus maximus*)^[16]、牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)^[17]和半滑舌鲈(*Cynoglossus semilaevis*)^[18]这 3 种鲈鱼类的摄

食高峰则出现在黄昏和夜间,为黄昏和夜间摄食鱼类;褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)^[19]幼鱼、漠斑牙鲈(*Paralichthys lethostigma*)仔鱼^[20]摄食高峰均在白天,属于白天摄食类型。

该试验采用分段式投喂摄食节律的试验方法研究了仔稚鱼20 d和35 d日龄的摄食节律。在每天一次饱食投喂的条件下,结果显示,黄盖鲈幼鱼06:00开始摄食,08:00、16:00出现摄食高峰,16:00之后摄食率下降,说明黄盖鲈幼鱼是白天摄食类型。张鹏飞等^[21]在绿鳍马面鲈(*Thamnaconus modestus*)的摄食节律研究中,也表现出相同的日摄食节律,与该研究结果一致;林利民等^[17]认为褐牙鲈的摄食节律随着发育过程不同而有所变化,且白天出现两个摄食高峰,夜间基本不摄食,这一结论与该研究结果一致。黄盖鲈仔稚鱼以白天摄食为主,仔稚鱼上午的摄食量要高于下午的摄食量,该结果与凌云召等^[15]关于大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)幼鱼摄食节律的研究结果相同。分析可能由于仔稚鱼经过一晚饥饿处理需要能量补充,摄食后消耗体能消化食物,需要一个短暂休息,随后正常摄食进行能量补充。仔稚鱼在上午的摄食提供自身活动能量消耗,下午摄食后活动性减弱,能量主要被用于生长和存储^[22]。故在08:00—12:00及16:00—18:00进行投喂,可保证黄盖鲈仔稚鱼正常生长发育^[23]。

3.2 仔稚鱼摄食与光照的关系 鱼类早期生活史阶段存在着一个大量死亡的内在危险期及临界期,临界期的压抑或表露不仅取决于仔稚鱼对环境的要求或适应能力,也取决于环境条件是否满足仔稚鱼的要求^[24]。光照会影响仔稚鱼的摄食情况,鱼类摄食强度会影响到鱼类生长发育、种群繁殖和养殖的经济效益^[25-26]。

不同的光照强度、光照周期、光谱都会对鱼类的摄食、生殖、生长、发育等方面有显著的影响。光照强度与摄食量之间存在具有峰值的摄食曲线^[27]。李宝山等^[28]发现随着光照周期的缩短,大菱鲈幼鱼的摄食率也随之降低。该研究结果显示,光照也是影响仔稚鱼临界期表露的一个重要因子,光照强度可以影响黄盖鲈仔稚鱼的摄食、代谢及活动,从而影响到临界期的表露。

该试验中20 d日龄和25 d日龄的仔稚鱼在光照强度400 lx下摄食强度最大,秦希获等^[29]在研究光照强度对细鳞裂腹鱼(*Schizothorax chongi*)仔稚鱼摄食的影响研究中发现,12日龄后的仔稚鱼在400 lx光照下摄食强度最大;姜志强等^[30]试验得出花鲈(*Lateolabrax japonicus*)幼鱼的最佳摄食光照强度为400 lx,都与该试验结果相似。不同种鱼的最佳摄食光照强度有差异,暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)仔稚鱼^[31]和太平洋鲑鱼(*Gadus macrocephalus*)稚鱼^[12]的最佳摄食光照强度为500 lx;南方鲇(*Silurus meridionalis*)稚鱼^[32]最佳摄食光照强度为100 lx,与该研究结果有差异。试验得出具有峰值的摄食曲线,并且黑暗条件下仔稚鱼几乎不进行摄食,表明黄盖鲈为视觉性摄食鱼类。

光照对于视觉性摄食鱼类是必需的,在一个适宜的光照范围内鱼类摄食最佳,超出此范围摄食量都会降低^[33],视觉性摄食仔稚鱼摄食的临界光照为0.1 lx,最佳光照范围在

100~500 lx,且不大于1 000 lx^[24]。不同鱼类的最佳摄食范围不同,大泷六线鱼仔稚鱼的适宜范围为10~100 lx^[34],6~10 d日龄暗纹东方鲀仔稚鱼在光照强度为1 000~2 000 lx摄食强度最高^[35],赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)仔稚鱼最佳摄食光强范围在1 200~2 100 lx^[35]。此外视觉性摄食鱼类还存在一个摄食的视觉阈值,当低于此阈值,鱼类几乎不摄食。仔稚鱼在黑暗环境下几乎不进食,若长期处于不摄食的情况,鱼类生长缓慢甚至停止,最终由于饥饿导致死亡,但过高的光照强度也会造成仔稚鱼摄食量降低。随着鱼类视觉发育,摄食的阈值会降低,该试验中35 d日龄的仔稚鱼最佳摄食光强低于20 d日龄和25 d日龄,因此明确鱼类各个生长期的最适光照强度对于鱼类人工培育尤为重要。

3.3 仔稚鱼在不同光照强度对饵料的选择 水产养殖过程中,饵料成本占比远高于其他成本,饵料是决定水产养殖生产成本的重要因素之一^[36]。通过分析鱼类摄食行为,可为优化摄食量、降低饲料成本提供有价值的参考指标^[37]。

由图2可知,不同日龄黄盖鲈仔稚鱼的最佳摄食强度对应的光照强度范围在100~600 lx。其中20 d和25 d日龄仔稚鱼营浮游性生活,摄食强度最佳的光照强度为400 lx,当仔稚鱼开始变态后转为伏底生活,此时仔稚鱼摄食以及活动对光照的需求降低,35 d仔稚鱼在光照强度为100 lx时摄食强度最佳,仍是在100~600 lx范围内。黄盖鲈为视觉摄食型鱼类,根据黄盖鲈对光照的需求,得出黄盖鲈不适合深海生存的结论,这与自然海区黄盖鲈分布在近岸浅海区相符^[38]。

由图3和图4可知,黄盖鲈仔稚鱼在10 min时即投喂前期摄食速率和摄食效率最高且随时间的延长逐渐减弱,并且在60 min以后摄食基本结束。由此可见在投喂时要控制好投喂量和投喂频率^[39],投喂量要适宜,投喂频率不要过于频繁。由图4可知,单次投喂的摄食效率明显高于多次投喂,因此在黄盖鲈饲养中确定投喂量后,一次投喂。多次投喂不仅会造成水体环境恶化,还会导致黄盖鲈摄食效率降低,从而影响到生长发育。

仔稚鱼在生长的过程中,口裂大小也在随体长变化而增大,故饵料的大小也需要不断改变^[40]。通过计算仔稚鱼口裂大小,在前10 d投喂仔稚鱼S型褶皱臂尾轮虫(50~200 μm),10 d后投喂L型,20 d后饵料配合添加卤虫无节幼体,25 d后随着仔稚鱼开始变态,40 d后仔稚鱼生长到稚鱼阶段,此时可以尝试投喂少量配合饲料。稚鱼进食配合饲料后可加大配合饲料投喂量,上午投喂配合饲料,下午投喂卤虫无节幼体。逐渐减少卤虫投喂量,直到完全食用配合饲料^[10],以避免活体投喂造成病害侵袭。此外,不同的饵料会影响仔稚鱼的摄食,因此还有待进一步研究,为黄盖鲈成功育苗提供理论基础。

参考文献

- [1] 王大海. 海水养殖业发展规模经济及规模效率研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014: 87-90.
- [2] 张树令, 王玉, 王志田, 等. 黄盖鲈繁殖生物学及育苗技术研究[J]. 齐鲁渔业, 2008, 25(2): 4-5.
- [3] 张乐, 李皎, 丁悦秀, 等. 黄颡鱼个体繁殖力的研究[J]. 安徽农学通报, 2012, 18(11): 164-167, 171.

- [4] AMEZCUA F, MARTÍNEZ-TOVAR I, GREEN-RUIZ Y, et al. Use of otoliths to determine age and growth of a tropical flatfish *Cyclosetta querna* (Paralichthyidae) from the southeast coast of the Gulf of California, Mexico [J]. *Ichthyological research*, 2006, 53(1): 70-74.
- [5] 宋宗诚, 林占德, 陈四清, 等. 钝吻黄盖鲈的工厂化人工育苗[J]. *渔业现代化*, 2003, 30(2): 19-20.
- [6] 毕庶万, 郑振虎, 刘信艺, 等. 黄盖鲈育苗设置及育苗技术条件的研究[J]. *海洋学报*, 1991, 13(3): 417-423, 443.
- [7] 高天翔, 张肖荣, 王丹, 等. 几种鲈鱼的生物学初步研究[J]. *海洋湖沼通报*, 2003(1): 35-42.
- [8] 高天翔, 武云飞, 张秀梅, 等. 四种鲈鱼的形态学研究[J]. *青岛海洋大学学报(自然科学版)*, 2002, 32(6): 884-890.
- [9] 孟庆闻, 苏锦祥, 缪学祖. 鱼类分类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 380-407.
- [10] 王伟, 武世雄, 林茂上, 等. 北方黄盖鲈人工育苗及养殖技术研究[J]. *经济动物学报*, 2017, 21(1): 1-4, 10.
- [11] 郑怀平. 鱼类早期生活史的营养与摄食[J]. *盐城工学院学报*, 1999, 12(3): 63-66.
- [12] 李艳秋, 吴洪, 孙阳, 等. 不同光照强度对太平洋鲈仔鱼摄食的影响[J]. *现代农业科技*, 2013(4): 272-273, 277.
- [13] 周显青, 牛翠娟, 李庆芬. 光照对水生动物摄食、生长和存活的影响[J]. *水生生物学报*, 2000, 24(2): 178-181.
- [14] 李潜洲. 泥鳅生长和繁殖的环境条件研究[D]. 福州: 福州大学, 2015: 28-38.
- [15] 逯云召, 于燕光, 薄其康, 等. 大龙六线鱼幼鱼的摄食节律研究[J]. *渔业现代化*, 2021, 48(2): 35-39.
- [16] 郑珂珂, 方伟, 孔凡华, 等. 大菱鲆幼鱼的摄食节律及适宜喂饲时间[J]. *渔业现代化*, 2010, 37(5): 26-30.
- [17] 林利民, 李益云, 万瑞景, 等. 牙鲆早期发育阶段的摄食节律[J]. *水产学报*, 2006, 30(3): 329-334.
- [18] 马爱军, 柳学周, 徐永江, 等. 半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis*) 早期发育阶段的摄食特性及生长研究[J]. *海洋与湖沼*, 2005, 36(2): 130-138.
- [19] 苗淑彦, 王际英, 张利民, 等. 蝶形目鱼类摄食节律研究进展[J]. *齐鲁渔业*, 2009, 26(2): 16-18.
- [20] 姜志强, 冯丹. 漠斑牙鲆仔鱼摄食节律的研究[J]. *水产科学*, 2007, 26(3): 171-172.
- [21] 张鹏飞, 常青, 陈四清, 等. 绿鳍马面鲀幼鱼昼夜摄食节律及胃排空模型研究[J]. *渔业科学进展*, 2020, 41(1): 104-111.
- [22] 卞晓东. 鱼卵、仔稚鱼形态生态学基础研究: 兼报黄河口海域鱼类浮游生物调查[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010: 105-110.
- [23] 王迎春, 苏锦祥, 周勤. 光照对黄盖鲈仔鱼生长、发育及摄食的影响[J]. *水产学报*, 1999, 23(1): 6-12.
- [24] 殷名称. 我国鱼类生态学的发展和前景[J]. *水产科技情报*, 1986, 13(2): 27-29.
- [25] GEHRKE P C. Influence of light intensity and wavelength on phototactic behaviour of larval silver perch *Bidyanus bidyanus* and golden perch *Macquana ambigua* and the effectiveness of light traps[J]. *Journal of fish biology*, 1994, 44(5): 741-751.
- [26] PETERSEN J H, GADOMSKI D M. Light-mediated predation by northern squawfish on juvenile *Chinook salmon* [J]. *Journal of fish biology*, 2005, 45: 227-242.
- [27] 曹晓慧, 刘晃. 养殖鱼类摄食行为的特征提取研究与应用进展[J]. *渔业现代化*, 2021, 48(2): 1-8.
- [28] 李宝山, 孙永智, 王世信, 等. 日光照周期对大菱鲆幼鱼摄食、消化酶活力与血清激素含量的影响[J]. *水生生物学报*, 2019, 43(1): 69-77.
- [29] 秦希获, 刘国勇, 郭玉娇, 等. 光照对细鳞裂腹鱼受精卵孵化率及仔鱼生长、摄食的影响[J]. *水生生态学杂志*, 2017, 38(5): 97-102.
- [30] 姜志强, 谭淑荣. 不同光照强度对花鲈幼鱼摄食的影响[J]. *水产科学*, 2002, 21(3): 4-5.
- [31] 田照辉, 姜志强, 梁秋婷. 光照强度对暗纹东方鲀稚鱼摄食的影响[J]. *水产养殖*, 2007, 28(5): 5-7.
- [32] 谢从新. 不同光照度下南方鲈稚鱼的摄食强度及摄食动力学[J]. *应用与环境生物学报*, 2002, 8(3): 267-269.
- [33] MINAGAWA M. Effects of photoperiod on survival, feeding and development of larvae of the red frog crab, *Ranina ranina* [J]. *Aquaculture*, 1994, 120(1/2): 105-114.
- [34] 邱丽华, 秦克静, 吴立新, 等. 光照对大龙六线鱼仔鱼摄食量的影响[J]. *动物学杂志*, 1999, 34(5): 4-8.
- [35] 王涵生. 赤点石斑鱼早期仔鱼轮虫日摄食量的研究[J]. *水产学报*, 1996, 20(4): 365-369.
- [36] LI Y X, WANG L. A novel noise reduction technique for underwater acoustic signals based on complete ensemble empirical mode decomposition with adaptive noise, minimum mean square variance criterion and least mean square adaptive filter [J]. *Defence technology*, 2020, 16(3): 543-554.
- [37] LI D L, WANG Z H, WU S Y, et al. Automatic recognition methods of fish feeding behavior in aquaculture: A review [J]. *Aquaculture*, 2020, 528: 2-5.
- [38] 武世雄. 黄盖鲈人工繁育及早期发育相关基因研究[D]. 大连: 大连海洋大学, 2018: 32-35.
- [39] 谢信桐. 鱼用配合饲料投喂技术[J]. *江西饲料*, 2004(2): 23-25.
- [40] 袁小楠. 渤海湾和莱州湾鲈仔稚鱼口裂与浮游桡足类的关系研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2017: 9-22.

(上接第 34 页)

- [5] 南志标, 王淑英, 刘福. 蚕豆根病: 病原、环境与防治[C]//任继周. 黄土高原农业系统国际学术会议论文集. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1992: 169-174.
- [6] 阮兴业, 陈俊伟, 江继玲, 等. 蚕豆苗期根病的发病规律[J]. *云南农业科技*, 1986(5): 3-6.
- [7] 李春杰, 南志标. 土壤湿度对蚕豆根病及其生长的影响[J]. *植物病理学报*, 2000, 30(3): 245-249.
- [8] 陆星星, 周淑英, 董军忠. 不同耕作习惯及降水对蚕豆根病发生的影响[J]. *山地农业生物学报*, 2010, 29(3): 265-268.
- [9] 南志标, 赵红洋, 晁斌. 黄土高原土壤紧实度对蚕豆生长的影响[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(8): 935-938.
- [10] YU T F. Fusarium diseases of broad bean I. A wilt of Broad Bean caused by *Fusarium avenaceum* var. *Fabaen.* var [J]. *Phytopathology*, 1944, 34: 385-393.
- [11] YU T F, FANG C T. Fusarium diseases of broad bean III. Root-rot and wilt of broad beans caused by two new forms of *Fusarium* [J]. *Phytopathology*, 1948, 38: 587-594.
- [12] YU T F. Notes on some weakly parasitic fungi associated with diseased roots of broad bean [J]. *Peaking natural history bulletin*, 1950, 18(4): 281-288.
- [13] 俞大绂. 蚕豆病害[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [14] 阮兴业, 王家和, 唐嘉义, 等. 蚕豆苗期根病病原菌区系和优势种的分析[J]. *云南农业大学学报*, 1986, 11(1): 15-22.
- [15] 王晓鸣, 朱振东, VAN LEUR J, 等. 青海省蚕豆和豌豆病害鉴定[C]//彭友良. 中国植物病理学会 2006 年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006.
- [16] 鲍建荣, 王拱辰, 叶琪明. 浙江省蚕豆镰刀菌病害的病原种类及其分析[J]. *浙江农业大学学报*, 1992, 18(3): 61-64.
- [17] 赵春燕, 肖炎农, 朱振东. 蚕豆根腐病病原再育镰刀菌鉴定及生物学特性研究[C]//郭泽建, 侯明生. 中国植物病理学会. 中国植物病理学会 2011 年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2011: 55.
- [18] 侯思雯, 李敏权, 杨晓明, 等. 甘肃高寒阴湿地区蚕豆苗期镰刀菌根腐病病原鉴定[J]. *湖南农业科学*, 2011(15): 97-100.
- [19] 楚敏, 顾美英, 唐琦勇, 等. 达坂城蚕豆根腐病病原菌鉴定及生防菌拮抗效果分析[J]. *新疆农业科学*, 2019, 56(10): 1904-1911.
- [20] 张芸, 白小娟, 范建祥, 等. 不同间作方式对蚕豆根腐病及作物生长的影响[J]. *农业科技通讯*, 2020(1): 128-131.
- [21] 张芸, 李龙, 郭延平, 等. 间作模式下不同种植密度对蚕豆根腐病及作物生长的影响[J]. *安徽农业通报*, 2018, 24(18): 60-61.
- [22] 连荣芳, 墨金萍, 肖贵, 等. 定西市不同生态区蚕豆根腐病调查分析[J]. *现代农业科技*, 2018(19): 139, 143.
- [23] 潘文远. 达坂城多种种植农剂包衣预防蚕豆根腐病田间药效试验结果分析[J]. *农业与技术*, 2017, 37(10): 43, 154.
- [24] 南志标, 葛高祖, 李春杰. 数种农药对蚕豆根腐病的田间防效[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(8): 943-947.
- [25] 马占川. 春蚕豆根腐病防治农药筛选试验初报[J]. *农业科技与信息*, 2011(9): 29.
- [26] 侯思雯. 甘肃高寒阴湿地区蚕豆苗期根腐病的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2011.
- [27] 孔琼, 袁盛勇, 郭建伟, 等. 野蚕豆根腐病病原菌、生物学特性及其有效杀菌剂研究[J]. *西南农业学报*, 2020, 33(7): 1480-1485.
- [28] 王金华, 聂中良, 徐玉巧, 等. 根瘤菌间接对蚕豆生长及抗根腐病能力的影响[J]. *西南林业大学学报(自然科学)*, 2018, 38(4): 94-99.
- [29] 段晓东, 欧阳炜, 潘文远. 三种生物制剂防治蚕豆根腐病药效试验[J]. *农村科技*, 2014(10): 26-27.