

黄鳝排粪活动的初步研究

周文宗 张 磊 高红莉 李洪涛

(河南省科学院地理研究所, 郑州 450052)

摘要: 室内研究了不同摄食方式下的黄鳝排粪活动以及摄食对黄鳝排粪量的影响。饥饿5d的黄鳝饱食2h, 以后不再喂食, 其排粪活动分5批完成, 排粪时间为38—134h; 饥饿5d的黄鳝按照0.5%体重投饵, 则其排粪次数减少到2批, 排粪时间为64—106h; 1d饱食一次的黄鳝排粪活动分3批完成, 排粪时间为28—92h; 2d饱食一次的黄鳝排粪活动分4批完成, 排粪时间为32—90h。换水和摄食极显著地刺激黄鳝排粪活动($p < 0.01$)。每天的摄食量(X)和摄食后15h内的排粪量(Y)存在极显著的直线回归关系: $Y = 0.1502X + 0.0017$ ($p < 0.01$)。这些研究结果将为人工养殖黄鳝的摄食管理和水质调控提供理论依据。

关键词: 黄鳝; 排粪时间; 排粪量; 食物标志法; 消化速率

中图分类号: Q178.1⁺12; S965.131 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2008)03-0322-05

黄鳝(*Monopterus albus*)在国内外市场上非常畅销, 人工养殖利润丰厚, 在较长时间内将有很好的发展前景^[1]。摄食管理是鱼类人工养殖的关键环节, 鱼类通过摄食活动获得能量和营养, 为其生长和发育提供物质基础。目前, 关于黄鳝摄食生态的研究报道较少^[2-3], 黄鳝的排粪行为以及生态因子对排粪活动的影响尚未见报道。

本文根据人工标志物方法^[4], 研究了不同摄食方式下的黄鳝排粪活动以及摄食对黄鳝排粪量的影响, 为黄鳝养殖的摄食管理和水质调控提供理论依据, 并且有利于深化黄鳝摄食生态的研究。

1 材料与方法

1.1 黄鳝来源、饵料和试验用水 试验黄鳝来源于南京市黄鳝养殖基地, 体表无伤, 体质健壮。黄鳝运回后在室内暂养20d, 使其适应室内环境并且养成每天定点定时(18:00)摄食的习惯。饵料为人工饲养的黄粉虫(*Tenebrio Molitor L.*)幼虫, 试验前用5—10目筛子加以分离, 得到规格相对一致的黄粉虫幼虫。

试验用水为在室内敞开放置2d的自来水, 总碱度为52.13mg/L(以CaO计), 总硬度为300.47mg/L(以CaCO₃计), pH为7.55。

1.2 试验方法

1.2.1 不同摄食方式下黄鳝的排粪规律 试验在盖

上带有小孔的塑料盒(31cm×20cm×10cm)中进行, 每盒放养规格一致的黄鳝3尾, 其体重为(25.74±1.41)g/尾(Mean±SD, 下同), 并且放置45cm×45cm塑料袋1个作为黄鳝穴巢。黄鳝的摄食方式分为4个水平: (1)黄鳝饥饿5d后于18:00不限食投喂一次, 2h后捞出余饵, 以后不再喂食; (2)黄鳝饥饿5d后于18:00按照0.5%黄鳝体重(鲜重)投饵, 以后不再喂食; (3)每天定时(18:00)不限食投喂一次; (4)每2天定时(18:00)不限食投喂一次。前2个水平设置2个重复, 后2个水平设置3个重复。

暂养结束后, 采用细小的针线作标志物, 用带有针线的细针穿刺规格相对一致的黄粉虫幼虫尾部, 将针线捆住尾部并系成死结, 剪断小线, 这样黄粉虫幼虫就带有长约1.5cm的环状标志物。于当天18:00将带有标志物的黄粉虫幼虫投喂黄鳝, 2h后捞出余饵, 然后不限食投喂不带标志物的黄粉虫幼虫(前2个水平则不投喂)。试验每小时观察一次, 用60目密捞将鱼粪及时捞出, 直到标志物全部排出为止。排粪相隔不到4h的作为同批处理, 取其平均值作为该批的排粪时间(即从黄鳝摄食到每批粪排出的时间)。在每天定时投喂一次的不限食性试验中, 收集黄鳝在换水后1h内排出的鱼粪和在24h内排出的鱼粪, 连续进行7次。在每2天定时投喂一次的不限食性试验中, 于投饵后15h和39h分别收

集鱼粪1次, 连续6d, 设置4个重复。

试验期间24h换水一次, 水深8cm, 水温18—19℃, 采用室内自然光照周期, 光照度小于400lx。黄粉虫幼虫体重0.06—0.07g/头, 含水量为60.24%。

1.2.2 摄食对黄鳝排粪量的影响 试验在室内80cm×50cm×25cm水族箱进行, 每个水族箱随机放养驯化的黄鳝((18.45±2.53)g/尾)13尾, 放置4个45cm×45cm黑色塑料袋作为黄鳝穴巢, 设置4个重复。

暂养结束后, 每天定时(18:00)不限食投喂规格相对一致的黄粉虫幼虫, 记下数量和重量, 次日10:00清点余饵数量, 用60目密捞将余饵和鱼粪捞出风干, 并且换水一次。试验持续11d, 试验期间保持水深10cm, 水温30℃, 室内采用自然光照周期(L:D=12:12), 光照度小于600lx。黄粉虫幼虫体重0.07—0.08g/头, 含水量为55.83%。

1.3 测定方法 样品于(70±1)℃烘箱中烘干至恒重测定含水量; pH用电位法测定, 仪器为雷磁pH-25型计; 总碱度和总硬度分别采用酸碱指示剂滴定法和EDTA(乙二胺四乙酸)滴定法测定^[5]。

1.4 数据处理 根据18:00一次日10:00黄鳝摄食黄粉虫幼虫的数量和该时段内被食黄粉虫幼虫的平

均个体体重计算得到黄鳝每天摄食量, 摄食量和排粪量以干重计。所得数据在Excel和SPSS11.5软件上进行统计分析, 用新复极差检验(SSR检验, 即Duncan法)对不同处理的平均数进行多重比较。

2 结果

2.1 不同摄食方式下黄鳝的排粪规律

饥饿5d的黄鳝饱食2h, 以后不再喂食, 其排粪时间(h)和排粪量(干重, mg)(表1)。饥饿黄鳝排粪活动分5批完成, 时间持续38—134h。单因素方差分析表明, 每批排粪时间差异极显著($F=164.53$, $df_1=4$, $df_2=10$, $p<0.01$), 每批排粪量亦存在极显著差异($F=64.80$, $df_1=4$, $df_2=10$, $p<0.01$)。进一步作Duncan多重比较, 除第3批排粪量少外(占总排粪量的7.22%—10.29%), 其余时间排粪量没有显著差异, 排粪比较均匀(每批排粪量占总排粪量的20.71%—25.67%)。黄鳝总排粪量(干重)占摄食量(干重)的比例是(10.51±1.53)%。另外, 在试验中观察到, 每批排出标志物的数量与排粪量不完全成正比例关系, 这是因为用线制作的标志物(有1.5cm长)在消化道内的移动速度与食物或粪便的移动速度可能不一样。

表1 饥饿5d黄鳝饱食后的排粪时间和排粪量

Tab 1 Time of feces excretion and fecal wastes of ricefield eels with satiation after starvation for five days

项目 Items	排粪时间(h) Times of feces excretion	排粪量(mg) Fecal wastes	每批排粪量占总排粪量的比例(%) Proportions of fecal wastes at every batch to whole fecal wastes
第1批 The first batch	41.67±4.73 ^{eE}	18.47±1.66 ^a	21.97±1.43
第2批 The second batch	55.33±1.53 ^{dD}	20.37±1.30 ^a	24.24±1.25
第3批 The third batch	74.67±4.51 ^{cC}	7.37±1.11 ^{bB}	8.79±1.54
第4批 The fourth batch	99.67±3.51 ^{bB}	18.50±0.66 ^a	22.02±0.30
第5批 The fifth batch	128.00±7.21 ^{aA}	19.30±0.70 ^a	22.98±0.86

在饥饿5d后, 按照0.5%黄鳝体重投饵, 则黄鳝排粪次数减少到2批, 并且同批排粪时间相应延迟, 如第1批排粪时间为(65.00±1.41)h, 第2批排粪时间为(104.00±2.83)h, 从而最终排粪时间缩短, 即黄鳝少量摄食后106h内完成排粪活动。可见, 在餐后不再喂食的情况下, 摄食量影响黄鳝的排粪批次和排粪时间。

1d饱食一次和2d饱食一次的黄鳝排粪时间(表2)。相对于饱食1次不再喂食的黄鳝而言, 1d饱食一次和2d饱食一次的黄鳝排粪批次减少, 排粪时间缩短并且比较分散。1d饱食一次的排粪3批, 排粪时间为28—92h; 2d饱食一次的排粪4批, 排粪时间为32—90h。因此, 餐后摄食(即摄食后不再一直饥饿)可以减少黄鳝的排粪批次, 缩短排粪时间。

表2 1d饱食一次和2d饱食一次的黄鳝排粪时间

Tab. 2 Time of feces excretion of ricefield eels with satiation once every day or every two days (h)

项目 Items	1d饱食1次 Satiation once every day	2d饱食一次 Satiation once every two days
第1批 The first batch	33.67±4.93	39.67±5.51
第2批 The second batch	48.67±8.08	49.33±5.03
第3批 The third batch	81.33±10.07	63.33±1.53
第4批 The fourth batch	—	85.67±4.51

注: “—”表示排粪结束

Note: “—” showed feces excretion was over

双因素(批次和摄食方式)方差分析表明, 黄鳝摄食方式(1d 饱食一次和 2d 饱食一次)对第 1 批和第 2 批排粪时间没有显著影响($F = 0.92$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $p > 0.05$)。但是独立样本的均值比较表明, 不同摄食方式的第 3 批排粪时间有显著差异($t = 3.06$, $df = 4$, $p < 0.05$), 2d 饱食一次的最后一次即第 4 批排粪时间和 1d 饱食一次的最后一次即第 3 批排粪时间没有显著差异($t = 0.68$, $df = 4$, $p > 0.05$), 但是两者的摄食量明显不同。因此, 餐后摄食的黄鳝最终排粪时间与摄食量关系不大。观察亦表明:

排粪后黄鳝不一定马上进行摄食活动, 这也说明黄鳝摄食与排粪即食物排空没有直接的关联^[4]。

在每天定时投喂一次的不限食性试验中, 7 次收集换水后黄鳝在 1h 内的排粪量(A)和在 24h 内的排粪量(B), 烘干后得到表 3 的数据。将 A 与黄鳝在其他时段的平均排粪量作成对数据平均数比较的假设检验, 黄鳝在换水后 1h 内的排粪量极显著高于其他时段的平均排粪量($t = 4.06$, $df = 6$, $p < 0.01$)。A 占 B 的比例为(57.42 ± 34.33)%, 显然换水能加快黄鳝排粪活动。

表 3 换水后黄鳝在 1h 内和在 24h 内的排粪量

Tab 3 Fecal wastes of ricefield eels during an hour and 24 hours after water exchanging

项目 Items	1	2	3	4	5	6	7
A(g)	0.0121	0.0211	0.0422	0.0115	0.0278	0.0125	0.0126
B(g)	0.0317	0.0267	0.0436	0.0216	0.0316	0.0201	0.0367
A/B(%)	38.17	79.03	96.78	53.24	87.97	62.19	34.33

注: A 代表换水后 1h 内的排粪量; B 代表换水后 24h 内的排粪量

Note: A denotes fecal wastes during 1h after water exchanging; B denotes fecal wastes during 24h after water exchanging

在每 2d 定时投喂一次的不限食性试验中, 分别于投饵后 15h 和 39h 收集鱼粪 1 次, 烘干后测定其干重, 连续 6d, 试验 4 个重复(表 4)。将两者作成对

数据平均数比较的假设检验, 投饵后 15h 内的排粪量显著高于投饵后 15—39h 内的排粪量($t = 3.51$, $df = 3$, $p < 0.05$), 这说明黄鳝摄食能加快排粪进程。

表 4 每 2d 投喂 1 次的黄鳝 6d 排粪量

Tab. 4 Fecal wastes of ricefield eels fed once every two days for six days (g)

项目 Items	1	2	3	4
投饵后 15h 内排粪量	0.09	0.16	0.18	0.21
投饵后 15—39h 内排粪量	0.07	0.07	0.08	0.07

2.2 黄鳝摄食对排粪量的影响

在不限食性试验中, 对 44 个样本数据进行分析(图 1), 结果表明: 每天的摄食量(X)和摄食后 15h 内的排粪量(Y)存在极显著的直线回归关系: $Y = 0.1502X + 0.0017$ ($r = 0.7633 > r_{0.01, 42} = 0.372$, $p < 0.01$), 这从另一个角度说明了黄鳝摄食能加快排粪进程。

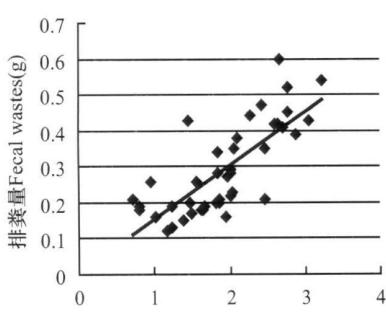


图 1 黄鳝摄食量与摄食后 15h 内排粪量的关系

Fig 1 Relation between food consumption and fecal wastes during 15h after food intake

3 讨 论

食物在鱼类消化道内被消化吸收, 不能利用的部分排出体外形成鱼粪, 排粪时间的长短反映了食物的消化速率(Digestion rate)和鱼类消化道特殊的结构特点^[7, 8]。以小杂鱼为饵料的大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)在 18—19 °C 下摄食后排粪时间是 6—24h, 排空速率明显大于黄鳝^[9]。黄鳝的肠道是其主要消化器官, 比一般鱼类短, 为无盘曲的直管状, 表现出肉食性鱼类的特点。但是, 黄鳝的肠道中间有一个狭窄的结节, 使食物可以在前肠停留较长时间, 因此, 黄鳝在摄食 24h 后仍然能够呕吐出不能消化的食物如螺蛳硬壳、厣等, 这也是黄鳝排粪时间较长和排粪批次较多的根本原因。黄鳝在饱食之后分批(3—5 批)完成排粪活动, 并且排粪持续时间长, 反映了黄鳝消化食物具有一定的间断性, 这从某种程度上揭示了黄鳝耐

饥饿的原因,但其具体机制尚待深入研究。

食物的消化速率或排空速率受如水温、鱼体大小、摄食量、食物大小和种类等诸多因素的影响^[4]。其中,水温和摄食量是影响排空速率的主要因素,其他因素有时作用不大。如大西洋幼鲑(*Salmo salar* L.)、太平洋大比目鱼(*Hippoglossus stenolepis*)排空率与其个体大小无关^[10-11],不同活饵对淡水鳕(*Lota lota*)的排空速率没有显著影响^[12]。相对于餐后摄食而言,在餐后不再喂食的情况下,黄鳍排空速率下降,排粪时间延长并且受摄食量的影响,这与大西洋幼鲑相同^[10],可能是鱼类适应饥饿的一种生理反应。本文试验结果证实了摄食量显著影响黄鳍的排粪时间或消化速率,摄食强度的提高,会延长食物消化时间,使排粪时间延长,排粪批次增加,但是初次排粪时间提前,这与大菱鲆类似^[9]。换水后水质清新,黄鳍活动活跃,排粪量增加,反映了黄鳍排粪对环境有一定的适应性。至于水温、鱼体大小、食物大小和种类等对黄鳍排粪的影响有待进一步研究。

在生产中,可以通过驯化黄鳍定点定时摄食、改善水质等措施,加快排粪时间,促进黄鳍摄食和新陈代谢水平,提高黄鳍生长速度。由于黄鳍初次排粪时间在其摄食24h之后,因此每天投饵一次就可以满足黄鳍的摄食需要。

参考文献:

- [1] Zhou T Y, Zhao S F. Technology of high speed culture of *Monopterus albus* with high density [M]. Shanghai: Shanghai Science Popularization Press, 1995, 6—10 [周天元, 赵淑芬. 黄鳍高密度快速养殖技术. 上海: 上海科学普及出版社, 1995, 6—10]
- [2] Zhang S P, Zhang X J, Wang M X, et al. A study of *Monopterus albus* feeding on mosquito larvae [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, 26(5): 568—570 [张世萍, 张秀杰, 王明学, 等. 黄鳍摄食蚊幼虫的研究. 水生生物学报, 2002, 26(5): 568—570]
- [3] Zhang S P, Jin H, Feng Y P, et al. Feeding ecology of *Eniodicephalus sinensis*, *Procambarus clarkii* and *Monopterus albus* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, 27(5): 496—501 [张世萍, 金辉, 傅艳萍, 等. 河蟹、克氏原螯虾、黄鳍摄食生态的研究. 水生生物学报, 2003, 27(5): 496—501]
- [4] Yin M C. Fish ecology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000, 64—87 [殷名称. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 2000, 64—87]
- [5] National Environment Safeguard General Bureau Editing Committee. Methods for the examination and analysis of water and waste water (Fourth Edition) [M]. Beijing: China Environment Press, 2002, 121—418 [国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第四版). 北京: 中国环境科学出版社, 2002, 121—418]
- [6] Zhou J, Xie C X, Xiong C X, et al. Preliminary research on day-and-night rhythm and daily feeds intake rate for snake-head fish fry [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1996, 15(1): 64—67 [周洁, 谢从新, 熊传喜, 等. 乌鳢仔鱼摄食节律和日摄食率的初步研究. 华中农业大学学报, 1996, 15(1): 64—67]
- [7] Tong S L. Fish physiology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1988, 256—258 [童裳亮. 鱼类生理学. 北京: 科学出版社, 1988, 256—258]
- [8] Hopkins T E, Larson R J. Gastric evacuation of three food types in the black and yellow rockfish *Sebastes Chrysomelas* (Jordan and Gilbert) [J]. *Journal of Fish Biology*, 1990, 36: 673—682
- [9] Ma C H, Chen D G, Shen W Q. Food consumption amount and evacuation rate of *Turbot* *Sophthalmus maximus* [J]. *Fisheries Science*, 2003, 25(3): 5—8 [马彩华, 陈大刚, 沈渭铨. 大菱鲆的摄食量与排空速率的初步研究. 水产科学, 2003, 25(3): 5—8]
- [10] Talbot C, Higgins P J, Shanks A M. Effects of pre and post prandial starvation on meal size and evacuation rate of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. [J]. *Journal of Fish Biology*, 1984, 25(5): 551—560
- [11] Hurst T P. Temperature and state-dependence of feeding and gastric evacuation in juvenile Pacific halibut [J]. *Journal of Fish Biology*, 2004, 65(1): 157—169
- [12] Paakonen P J, Marjomaki T J. Gastric evacuation rate of burbot fed single-fish meals at different temperatures [J]. *Journal of Fish Biology*, 1997, 50(3): 555—563

PILOT STUDY ON THE FECES EXCRETION OF RICEFIELD EELS *MONOPTERUS ALBUS*

ZHOU Wen-Zong, ZHANG Luo, GAO Hong-Li and LI Hong-Tao

(Institute of Geography, the Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450052)

Abstract: The feces excretion under different patterns of food intake and effect of food consumption on fecal wastes of ricefield eels were studied indoor by feed-tagging methods. Feces excretion was completed by 5 batches for 38—134h when ricefield eels fasted for 5 days were not fed after satiation during 2 hours and fecal wastes of every batches except the third batch were even, which covered 20.71%—25.67% of total fecal wastes; feces excretion decreased to 2 batches for 64—106h when ricefield eels fasted for 5 days were fed at a ration level of 0.5% wet fish mass; feces excretion was completed by 3 batches for 29—92h when eels were fed once daily; feces excretion was completed by 4 batches for 32—90h when eels were fed once on alternate days. The proportion of fecal wastes during an hour to fecal wastes during 24 hours after water exchanging was $(57.42 \pm 34.33)\%$, and fecal wastes during 15 hours after feeding were significantly higher than those from 15 to 39 hours after feeding. Water exchanging and food consumption could stimulate feces excretion significantly. There was greatly significant linear regression relation ($Y = 0.1502X + 0.0017$) between food consumption (X) every day and fecal wastes (Y) during 15 hours after food consumption. These research results would provide theoretic basis for management of food consumption and control of water quality in the culture of ricefield eels.

Key words: *Monopterus albus*; Time of feces excretion; Fecal wastes; Feed-tagging methods; Digestion rate