

文章编号: 1000-0615(2001)04-0342-06

净化养殖水体疫源生态模式及经济分析

张世萍¹, 陈昌意¹, 徐纯森¹, 麦雄伟¹, 陈汉文², 赵祖宝², 杨继超³, 李国华³

(1. 华中农业大学, 湖北 武汉 430070; 2. 新滩镇血防站, 湖北 洪湖 433225;

3. 湖北省黄梅县科委, 湖北 黄梅 436500)

摘要: 叙述了青蛙、克氏原螯虾、乌龟、河蟹、黄鳝和泥鳅对钉螺和蚊幼的摄食对比实验, 结果表明, 它们每天摄食多少顺序为: 对钉螺, 克氏原螯虾 > 乌龟 > 河蟹 > 青蛙; 对蚊幼, 乌龟 > 克氏原螯虾 > 泥鳅 > 黄鳝或青蛙 > 河蟹。在疫区对金钱蟹和克氏原螯虾进行摄食钉螺的定性观察发现: 在放养了实验动物的生态小区内, 钉螺种群数量明显减少。通过本实验和近8年来的研究工作, 形成了四种水生动植物净化疫水的生态经济模式: 1) 芋、蛙、鳝、鳅、蚓、菜; 2) 莲、菜、龟或鳖、鳝、鳅; 3) 莲藕、河蟹、泥鳅; 4) 芦苇或荻、克氏原螯虾或沼虾、泥鳅。

关键词: 疫水; 生物控制; 生态经济模式; 钉螺; 蚊幼

中图分类号: F014.9; S96 文献标识码: A

Bio-economic models for purifying epidemic sources in aquacultural waters

ZHANG Shi-ping¹, CHEN Chang-yi¹, XU Chun-sen¹, MAI Xiong-wei¹,
CHEN Han-wen², ZHAO Zu-bao², YANG Ji-chao³, LI Guo-hua³

(1. Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Xin Tan Station of Schistosomiasis Control, Honghu 433225, China; 3. Science Committee of Huang Mei County, Huangmei 436500, China)

Abstract: *Rana nigromaculata*, *Chinemys reevesii*, *Eriocheir sinensis*, *Monopterus albus*, *Misgurnus anguillicaudatus* and *Procambarus darkii* preying upon *Oncomelania hupensis* and the mosquito larvae were studied and compared. It showed that all can feed *Oncomelania hupensis*, and mosquito larvae in varying degrees. On *Oncomelania hupensis*, the sequence of feeding quantity is *Procambarus darkii* > *Eriocheir sinensis* > *Chinemys reevesii* > *Rana nigromaculata*; and on *Culex*, that is *Chinemys reevesii* > *Procambarus darkii* > *Rana nigromaculata* > *Eriocheir sinensis*. In the epidemic region, the outdoor test demonstrated that *Oncomelania hupensis* is much less in the pools in which with *Eriocheir sinensis* and *Procambarus darkii* respectively than the controls. It has been concluded that four ecological economic models have been formed to purify the epidemic water. Based on the experiments as well as the relevant studies for eight years, four bio-economic models for purifying epidemic sources in farming waters are given in detail. They are: 1) taro, frog, ricefield eel, loach, earthworm, vegetable polyculture model; 2) lotus, vegetable, tortoise, ricefield eel, loach polyculture model; 3) lotus, Chinese mitten crab, loach polyculture model; 4) reed, crayfish, loach polyculture model. The application and benefit for all models are also given in the paper.

Key words: epidemic water; biology control; ecological economic model; *Oncomelania hupensis*; mosquito larva

收稿日期: 2001-04-28

基金项目: 湖北省基金项目资助。

第一作者: 张世萍(1954—), 女, 武汉, 副教授, 主要从事水生生物研究。Tel: 027-87285329, E-mail: zsp0428@sina.com

钉螺(*Oncomelania hupensis*)和蚊类(mosquitos)是人类传染病的重要媒介。众所周知,钉螺是日本血吸虫(*Schistosoma japonicum*)的唯一中间宿主。据世界卫生组织报道,血吸虫病在所有寄生虫病中分布范围最广,其感染率为水传播疾病的首位^[1]。该病曾在我国流行于南方 10 省 1 市 1 自治区的 373 个县、市,而这些地区大部分是我国农业生产的重要地^[2]。钉螺幼螺喜在水中生活,成螺一般聚居在潮湿而食物丰富的地方。杂草丛生、水流缓慢或水位升降变化不大的地方往往是钉螺合适的栖息场所。适宜生活和繁殖的温度为 20~ 25℃。要求水的 pH 值为中性或微碱、微酸。蚊虫是疟疾、丝虫病、流行性乙型脑炎和登革炎的传播媒介。而蚊幼一般滋生在稻田、沼泽、池塘、小湖泊等处,较清洁的水体多为按蚊幼虫的滋生地;库蚊幼虫除少数外多滋生于污水中^[3]。为防止寄生虫病的流行,消灭这些传染病媒介具有重要意义。国内外利用生物防治的研究已有报道^[4-6]。Coates 在非洲苏丹利用中国的草鱼灭螺^[7];Daffala 的现场试验证实非洲肺鱼能大大降低水塘中的法氏双脐螺及内塔尔椎实螺的数量^[8]。为解决生物防治问题,我们对水生动物蛙、克氏原螯虾、龟、黄鳝、泥鳅、河蟹摄食钉螺和蚊幼的规律进行了研究。前四种动物有水陆两栖习性,或能达、能活动于潮湿区域,而钉螺成螺常爬上植物的挺水部分,如果这些动物能够摄食钉螺和蚊幼,则对钉螺和蚊幼实行全方位防治有重要意义。而且这些动物具有很高的经济价值,其养殖很容易为疫区人民所接受,易于大面积推广。为此,我们在室内和室外对其净化疫源的能力进行了实验,并在此基础上总结出养殖水体中净化疫源的生态经济模式。

1 材料与方法

1.1 实验动物

实验用水生动物于 1999 年 5 月 13 日购自武汉市水产批发市场。实验动物的种类及分组如表 1。

表 1 实验动物的种类及分组

Tab. 1 Experimental animals and their grouping

实验动物	一组	二组
青蛙(<i>Rana nigromaculata</i>)	40 ± 2g	35 ± 1g
克氏原螯虾(<i>Procambarus clarkii</i>)	21 ± 2g	16 ± 1g
乌龟(<i>Chinemys reevesii</i>)	152 ± 2g	115 ± 2g
河蟹(<i>Eriocheir sinensis</i>)	48 ± 1g	35 ± 2g
黄鳝(<i>Monopterus albus</i>)	84 ± 1g	54 ± 1g
泥鳅(<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>)	31 ± 1g	12 ± 1g

以上每组实验动物均为 4 尾(只)。购回后根据食性投以水蚯蚓、摇蚊幼虫、红虫、水生昆虫、水草等。实验前均暂养 5d、停喂 2d。

1.2 实验装置及条件

圆玻璃缸:直径 20.3cm,高 11.5cm,缸内水深保持在 7cm 左右。水族箱:长 × 宽 × 高 = 46.0cm × 25.0cm × 25.0cm。水深也保持在 7cm 左右。实验用水为曝气 3d 的自来水,溶氧在 8mg · L⁻¹以上,pH 值 6.7~ 8.0,水温 24 ± 2℃。

钉螺采自通长江湖泊杂草丛中的泥滩,蚊幼采自华中农业大学水产推广站附近的污水沟,以库蚊幼虫为主。

1.3 试验方法

(1) 投喂钉螺和蚊幼的数量和比例:将钉螺和蚊幼随机抽取称重,换算为生物量 W(湿重)得:1W_{钉螺} = 20 W_{蚊幼},以后即按 1 个钉螺和 20 个蚊幼的比例搭配投喂,将 4 尾体型较大的青蛙、龟、黄鳝(即一组)放在水族箱,其余动物(二组)在圆玻璃缸中进行实验,投喂钉螺和蚊幼的量按各容器中水的体积换算,使钉螺和蚊幼在水中的生物量一致。

(2) 钉螺常爬上缸(箱)壁,造成水体中数量减少,因此投喂量比实验动物摄食量多 60%,为防止钉螺和羽化的成蚊逃逸,在水族箱和玻璃缸上加盖 60 目·cm⁻²的尼龙筛绢。

(3) 在日本血吸虫病疫区——洪湖新滩镇白斧池村的长江大堤外滩一水湾处,用网围成 3 个自然生态小区,小区面积为 62m²,其中两个 26m² 小区内分别放入金钱蟹 73 只和克氏原螯虾 101 只,一个 10m²的小区仅放入钉螺,3d 后,捕起所放入的实验动物,在解剖镜和显微镜下解剖与观察食性。

(4) 日摄食量的计算及表示方法

每日上午 8h 按 1:20 的比例投喂钉螺和 3~4 龄的蚊幼,并经常观察实验动物的摄食情况,如发现钉螺和蚊幼不足,及时补充,经过 24h 后,计数缸(箱)中所剩钉螺和蚊幼(包括死亡个体、蛹及成蚊),投喂数和剩余数之差即为被食钉螺和蚊幼数,连续投喂 6d。

平均日摄食量为被食钉螺或蚊幼个数 g^{-1} 尾·d⁻¹,相对日摄食量为被食钉螺(蚊幼)个数 g^{-1} (体重)·d⁻¹。

2 结果与讨论

2.1 实验室中各种动物日摄食量的比较

各种动物日摄食量见表 2。

从表 2 可知,除泥鳅和黄鳝不捕食钉螺成螺外,各组实验动物第一天(5月 20 日)对钉螺和蚊幼的摄食量都较大,这可能是由于动物饥饿了 2d 的缘故。以后几天的摄食量一般都比较稳定。但河蟹对钉螺的摄食波动较大,可能与河蟹蜕壳有关。

表 2 动物对蚊幼和钉螺的摄食量

Tab. 2 Feeding ability of experimental animals on mosquito larvae and *Oncomelania lupensis*

月/日	乌龟		青蛙		泥鳅		黄鳝		河蟹		克氏原螯虾		
	蚊幼	钉螺	蚊幼	钉螺	蚊幼	钉螺	蚊幼	钉螺	蚊幼	钉螺	蚊幼	钉螺	
一组	平均日摄食量 个数·尾 ⁻¹ ·d ⁻¹		605.9	114.2	51.4	2.1	64.0	0	52.6	0	41.4	3.7	291.8 28.1
	相对日摄食量 个数·g ⁻¹ (体重)d ⁻¹		4.0	0.7	1.3	0.05	2.0	0	0.6	0	0.9	0.08	13.9 1.3
二组	平均日摄食量 个数·尾 ⁻¹ ·d ⁻¹		249.2	43.6	40.9	1.5	57.8	0	32.7	0	24.2	10.4	160.0 12.4
	相对日摄食量尾 个数·g ⁻¹ (体重)d ⁻¹		2.2	0.4	1.6	0.06	1.1	0	2.8	0	0.7	0.3	10.0 0.8

从表 2 来看,各种动物每天摄食蚊幼多少的顺序为:龟(605.9 尾·d⁻¹)> 克氏原螯虾(291.8 尾·d⁻¹)> 泥鳅(64.0 尾·d⁻¹)> 黄鳝或青蛙(50 尾·d⁻¹),而与动物的大小无关。各种动物每天摄食钉螺多少的顺序为:中龟(119 尾·d⁻¹)> 小龟(43.6 尾·d⁻¹)> 克氏原螯虾(28 尾·d⁻¹)> 中华绒螯蟹(24 尾·d⁻¹)> 小华溪蟹(10 尾·d⁻¹)> 小澳大利亚红螯虾(9 尾·d⁻¹)> 中华溪蟹(4 尾·d⁻¹),而与动物的栖息环境有关,如甲鱼、黄鳝在自然环境条件下是食钉螺的,但在实验室条件下,就很少或根本不摄食^[5]。

2.2 在疫区自然条件,金钱蟹、克氏原螯虾对钉螺的摄食

在疫区 3 个网围生态小区中,在放入金钱蟹、克氏原螯虾的 2 个实验区中钉螺数目随实验天数的向后推移而大量减少,到第五天末,凭肉眼观察,区内泥滩草丛中的钉螺几乎被吃光;而未放金钱蟹、克氏原螯虾的对照区的钉螺仍然与非实验区的外界一样多;在试验期间解剖实验区内金钱蟹、克氏原螯虾,经镜检发现肠内均有钉螺。这说明在有钉螺滋生的疫区,围养河蟹或克氏原螯虾可以遏制养殖水体中钉螺种群数量。

2.3 几种生态模式及经济效益比较分析

以上试验说明,人工养殖的水产品乌龟、蛙、河蟹、克氏原螯虾、黄鳝和泥鳅都能以蚊幼、钉螺为食。

具备在长江流域遏制钉螺、蚊幼繁生的潜力。同时,这些动物又有较高的经济效益,其养殖容易为群众所接受。为此,我们将上述能净化疫水的水生动物及一些经济植物配合起来提出四种生物经济模式,以期达到防疫和增收两者兼得的效果。

2.3.1 芋、蛙、鳝、鳅、蚓、菜模式

(1) 模式组合

芋:4月下旬至5月初将事先在苗床育好的芋苗移栽到整好的垌上,株行距40~60cm。

蛙:美蛙,栽芋后放小幼蛙 $59940 \text{只} \cdot \text{km}^{-2}$ (水面)以蝌蚪、蝇蛆、蚯蚓、小鱼虾为食,补充人工饵料。

鳝:4月下旬至5月初放鳝苗 $39960 \sim 49950 \text{尾} \cdot \text{km}^{-2}$ (水面)。

鳅:大泥鳅或大鳞副泥鳅火片 $29970 \text{尾} \cdot \text{km}^{-2}$ 。

蚓:清明左右投入种蚯蚓于盖渣上, $30 \text{kg} \cdot \text{km}^{-2}$,在渣下生活繁殖,作经济动物天然饵料。

菜:豆瓣菜,收芋栽菜,覆膜保温,延长动植物生长期,菜收6茬(表3)。

表3 芋、蛙、鳝、鳅、蚓、菜模式及其经济指标
Tab.3 Benefit of Taro, Frog, ricefield Eel, Loach, Earthworm and Vegetable polyculture model

品名	第iv年				第①年				第②年			
	数量 (个)	支出 (万元)	产量 (kg)	产值 (万元)	数量 (个)	金额 (万元)	产量 (kg)	产值 (万元)	数量 (个)	金额 (万元)	产量 (kg)	产值 (万元)
芋	150	0.06	2250	0.45	150	0.06	2250	0.45	150	0.06	2250	0.45
菜	30g	0.03	13500	2.7	0	0	13500	2.7	0	0	13500	2.7
蛙	3.6万	3.6	7500	3	3.6万	3.6	7500	3	3.6万	3.6	7500	3
鳝	3750	0.375	1500	6	3750	0.375	1500	6	3750	0.375	1500	6
鳅	1.5万	0.015	150	0.15	1.5万	0.015	150	0.15	1.5万	0.015	150	0.15
蚓	30	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
饲料	7500	4.5	0	0	7500	4.5	0	0	7500	4.5	0	0
合计		8.64		12.3		8.55		12.3		8.55		12.3

(2) 效益与分析(km^2)

本模式适于水田中大规模推广,从表面上看,投产比1:1.4并不高,但如果有条件自繁解决种苗和天然饲料,如蝌蚪、蚓、蛆、虫等可降低苗种饲料费一半以上。

2.3.2 莲、菜、龟或鳖、鳝、鳅模式

(1) 模式组合

莲藕:4月底种,用种量 $300 \text{kg} \cdot \text{km}^{-2}$,7月中旬收嫩藕,9月中收老熟藕,次年4月收种藕。

豆瓣菜:与莲藕接茬,9月初遮荫播种,收藕后移栽,后40d可收一次,两茬后,蓄苗越冬,保护养殖动物安全越冬。

龟:初养亲本龟时,在藕定植后放养, $1800 \text{只} \cdot \text{km}^{-2}$,雌:雄=5:1。

鳝:5月份投放鳝苗 $3000 \text{尾} \cdot \text{km}^{-2}$,配30尾雄鳝。

鳅:火片, $4.5 \text{万尾} \cdot \text{km}^{-2}$

芹:水周边种植水芹一行,利于鳝鱼产卵孵化。

(2) 效益与分析(km^2)

从表4可知,本模式产生经济效益的主体是龟或鳖,能自身生长和繁殖,水生植物主要起遮荫的作用,以改善生态环境,而鳝、鳅能充分利用底栖和浮游生物并改善水质。这种组合模式除第一年投资大外,以后各年投资均较少。因此,投产比1:5.2,经济效益明显。

表 4 莲、菜、龟或鳖、鳝、鳅模式及经济指标

Tab. 4 Benefit of Lotus, Vegetable, Tortoise (Sprain), Eel and Loach polyculture model

品名	第 iv 年				第 ⑤年				第 ⑥年			
	数量 (个)	支出 (万元)	产量 ³⁾ (kg)	产值 ⁴⁾ (万元)	数量 (个)	金额 (万元)	产量 (kg)	产值 (万元)	数量 (个)	金额 (万元)	产量 (kg)	产值 (万元)
莲	300	0.12	5250	2.1	0	0	5250	2.1	0	0	5250	2.1
菜	30g	0.03	9000	1.8	0	0	9000	1.8	0	0	9000	1.8
龟	1800	9	1.5 万	30		0	1.5 只	30	0	0	1.5 万	30
鳝	3000	0.045	150	0.6	0	0	150	0.6	0	0	150	0.6
鳅	4.5 万	0.045	150	0.15	4.5 万	0.045	150	0.15	4.5 万	0.045	150	0.15
饵	3000	3.6	0	0	3000	3.6	0	0	3000	3.6	0	0
合计		12.84		34.65		3.645		34.65		3.645		34.65

2.3.3 莲藕、河蟹、泥鳅

(1) 模式组合

莲藕: 3 月下种, 用种量 $300\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}$, 11 月收老熟藕, 次年 3 月收种藕。

河蟹: 2-3 月扣蟹下池, 11 月收成蟹。

泥鳅: 4 月放亲泥鳅自繁, 10 月收成泥鳅(表 5)。

表 5 莲、河蟹、泥鳅(围网外, 人生活区养鸭、鹅) 模式及经济指标

Tab. 5 The benefit of Lotus, River crab and Loach (Duck and Goose cultured outside the net of men lived) polyculture model

品名	第 iv 年				第 ⑤年				第 ⑥年			
	数量 ¹⁾ (个)	支出 ²⁾ (万元)	产量 (kg) ³⁾	产值 ⁴⁾ (万元)	数量 (个)	金额 (万元)	产量 (kg)	产值 (万元)	数量 (个)	金额 (万元)	产量 (kg)	产值 (万元)
莲	300	0.12	5250	2.1	0	0	5250	2.1	0	0	5250	2.1
河蟹	1500	0.525	225	2.25	1500	0.525	300	2.25	1500	0.525	300	2.25
泥鳅	15	0.012	150	0.06	0	0	225	0.09	0	0	225	0.09
饵料	225	0.075			225	0.075			225	0.075		
合计		0.732		4.41		0.6		4.44		0.6		4.44

(2) 效益与分析(km^2)

围网养河蟹在我国早已成功。如在通长江湖泊有钉螺繁生的沼泽疫区, 围网养河蟹, 不仅经济效益显著, 而且生态效益、社会效益也同样显著。

2.3.4 芦苇或荻、克氏原螯虾或沼虾、泥鳅

(1) 模式组合

芦苇或荻: 第一年 3 月下种, 用种量每平方公里 150kg, 可每年收割, 不需年年下种。

克氏原螯虾: 当年 3 月下种, 11 月收虾。

沼虾: 4 月放成虾自繁, 长江汛期来前收虾。洪水退前拦虾, 待市场价格高时收虾。

泥鳅: 4 月放成泥鳅自繁, 10 月收成泥鳅(表 6)。

表6 芦苇(荻)、克氏原蟹虾(沼虾)模式及经济指标

Tab.6 Benefit of Reed, *Procambarus clarkii*, Loach polyculture model

品名	第iv年				第v年				第vi年			
	数量 (个)	支出 (万元)	产量 (kg)	产值 (万元)	数量 (个)	金额 (万元)	产量 (kg)	产值 (万元)	数量 (个)	金额 (万元)	产量 (kg)	产值 (万元)
芦苇			1500	0.075			1500	0.075			1500	0.075
克氏原蟹虾	15	0.0045	150	0.06			150	0.06			150	0.06
泥鳅	15	0.012	150	0.06	0	0	225	0.09	0	0	225	0.09
饲料	150	0.03			300	0.03			300	0.03		
合计		0.0465		0.195		0.03		0.225		0.03		0.225

(2) 效益与分析(km²)

在美国克氏原蟹虾早已成为渔民专门养殖对象^[9]。在有生活污水流过的湖泊疫区或在无扣蟹苗的湖泊疫区可推广,该模式既有较好的经济效益,又可遏制养殖水体内的钉螺。

2.3.5 几种生态模式效益的比较

经多点试验,在以下四种生态经济模式中:

- (1) 芋、蛙、鳝、鳅、蚬、菜模式,产投比 1.4:1,如能解决自繁种苗和天然饲料,可降低成本一半以上;
- (2) 莲、菜、龟或鳖、鳝、鳅、模式,产投比 5.2:1;
- (3) 莲、蟹、鳅模式,产投比超过 6:1;
- (4) 芦苇或荻、克氏原蟹虾或沼虾、泥鳅模式,产投比超过 7.5:1。

模式(1)投入少,产出相对较低,适于水田大规模推广。模式(2)第一年投入大外,以后投资较少,经济效益明显。模式(3)蟹种投入量大,适合于通江湖泊有钉螺繁生的沼泽区,经济、生态和社会效益明显。模式(4)投入低,可利用当地的资源,亦适合于通江湖泊有钉螺繁生的沼泽地,能有效遏制养殖水体内的钉螺,经济效益和生态效益均较好。以上四种生态模式,具有防疫、净化富营养化水体和经济收入兼得的效果。从防治疫水,利用水体的角度讲,比较适合于疫区推广。

文稿承蒙中国科学院水生生物研究所梁彦龄研究员提出宝贵意见,在此致谢。

参考文献:

- [1] 蒋书楠. 城市昆虫学[M]. 重庆:重庆出版社,1992,183.
- [2] 高淑芬. 深化改革进一步做好血防工作[J]. 中国血吸虫病防治杂志,1989,1(2):1.
- [3] 魏青山. 武汉地区克氏原蟹虾的生物学研究[J]. 华中农业大学学报,1985,(1):16-23.
- [4] 张世萍,朱庆红,李要林. 泥鳅在不同水体中的食谱及对蚊幼虫摄食量的初步研究[J]. 华中农业大学学报,1992,11(4):373-377.
- [5] 张世萍,李安平,徐纯森,等. 几种水生经济动物对钉螺的初步研究[J]. 华中农业大学学报,1995,14(1):85-88.
- [6] Coates D. Ecological problems associated with irrigation canals in the Sudan with particular reference to the spread of bilharziasis, malaria and aquatic weed and the ameliorative role of fishes[A]. 血吸虫生物学与血吸虫病的防治[M]. 北京:人民卫生出版社,1999,313.
- [7] Anonymous. Major parasitic infections: a global review[J]. Wld Hlth Statist Quant,1986,39:145.
- [8] Daffalla A A. The lungfish *propterus annectans*(Owen) as a biocontrol agent against schistosome vector snails[A]. 血吸虫生物学与血吸虫病的防治[M]. 北京:人民卫生出版社,1999,313.
- [9] Ward, Whipple's. Freshwater biology [M]. Second Edition, NEW YORK: Printed in the United States of America, 1959, 878-882.