

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第23期 Vol.31 No.23 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 23 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

不同海拔高度高寒草甸光能利用效率的遥感模拟·····	付 刚,周宇庭,沈振西,等 (6989)
天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应·····	潘燕芳,阎 顺,穆桂金,等 (6999)
春季季风转换期间孟加拉湾的初级生产力·····	刘华雪,柯志新,宋星宇,等 (7007)
降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响 ·····	吴新卫,李国勇,孙书存 (7013)
基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究·····	陈 凯,刘增文,李 俊,等 (7022)
不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征 ·····	王 琰,陈建文,狄晓艳 (7031)
盐生境下硅对坪用高羊茅生物学特性的影响 ·····	刘慧霞,郭兴华,郭正刚 (7039)
高温胁迫对不同种源希蒙得木叶片生理特性的影响·····	黄激激,张念念,胡庭兴,等 (7047)
黄土高原水土保持林对土壤水分的影响 ·····	张建军,李慧敏,徐佳佳 (7056)
青杨雌雄群体沿海拔梯度的分布特征·····	王志峰,胥 晓,李霄峰,等 (7067)
大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征·····	杜飞雁,林 钦,贾晓平,等 (7075)
湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素·····	张才学,龚玉艳,王学锋,等 (7086)
台湾海峡鲈鱼种群遗传结构·····	张丽艳,苏永全,王航俊,等 (7097)
洱海入湖河流弥苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素·····	于 超,储金宇,白晓华,等 (7104)
转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力·····	熊 晶,谢志才,蒋小明,等 (7112)
河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征 ·····	王维奇,徐玲琳,曾从盛,等 (7119)
EDTA 对铅锌尾矿改良土壤上玉米生长及铅锌累积特征的影响 ·····	王红新,胡 锋,许信旺,等 (7125)
不同包膜控释尿素对农田土壤氮挥发的影响·····	卢艳艳,宋付朋 (7133)
垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响·····	马 丽,李潮海,付 景,等 (7141)
DCE 不同施用时间对小麦生长期 N ₂ O 排放的影响 ·····	纪 洋,余 佳,马 静,等 (7151)
氮肥、钙肥和盐处理在冬小麦融冻胁迫适应中的生理调控作用 ·····	刘建芳,周瑞莲,赵 梅,等 (7161)
东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价 ·····	罗 燕,乔玉辉,吴文良 (7170)
土壤施硒对烤烟生理指标的影响·····	许自成,邵惠芳,孙曙光,等 (7179)
不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响·····	宋 伟,赵长星,王月福,等 (7188)
西花蓟马的快速冷驯化及其生态学代价·····	李鸿波,史 亮,王建军,等 (7196)
温度对麦长管蚜体色变化的影响·····	邓明明,高欢欢,李 丹,等 (7203)
不同番茄材料对 B 型烟粉虱个体发育和繁殖能力的影响 ·····	高建昌,郭广君,国艳梅,等 (7211)
基于生态系统受扰动程度评价的白洋淀生态需水研究·····	陈 贺,杨 盈,于世伟,等 (7218)
两种典型养鸡模式的能值分析 ·····	胡秋红,张力小,王长波 (7227)
四种十八碳脂肪酸抑藻时-效关系分析的数学模型设计 ·····	何宗祥,张庭廷 (7235)
流沙湾海草床重金属富集特征·····	许战州,朱艾嘉,蔡伟叙,等 (7244)
基于 QuickBird 的城市建筑景观格局梯度分析 ·····	张培峰,胡远满,熊在平,等 (7251)
景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例·····	车前进,曹有挥,于 露,等 (7261)
基于 CVM 的太湖湿地生态功能恢复居民支付能力与支付意愿相关研究·····	于文金,谢 剑,邹欣庆 (7271)
专论与综述	
北冰洋海域微食物环研究进展·····	何剑锋,崔世开,张 芳,等 (7279)
城市绿地的生态环境效应研究进展·····	苏泳娴,黄光庆,陈修治,等 (7287)
城市地表灰尘中重金属的来源、暴露特征及其环境效应 ·····	方凤满,林跃胜,王海东,等 (7301)
研究简报	
三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征 ·····	林英华,汪来发,田晓堃,等 (7311)
广州小斑螟发生与环境因子的关系·····	刘文爱,范航清 (7320)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 39 * 2011-12



封面图说:黄河的宁夏段属于中国的半荒漠地区,这里气候干燥、降水极少(250mm 以下)、植被缺乏、物理风化强烈、风力作用强劲、其蒸发量超过降水量数十倍。人们从黄河中提水引水灌溉土地,就近形成了荒漠中的绿洲。有水就有生命,有水就有绿色。这种独特的条件形成了人与沙较量的生态关系——不是人逼沙退就是沙逼人退。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

熊晶, 谢志才, 蒋小明, 胡炜, 张堂林, 舒少武. 转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力. 生态学报, 2011, 31(23): 7112-7118.

Xiong J, Xie Z C, Jiang X M, Hu W, Zhang T L, Shu S W. Population dynamics and production of *Bellamyia aeruginosa* (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23): 7112-7118.

转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态 及次级生产力

熊 晶^{1,3}, 谢志才^{1,*}, 蒋小明^{1,2}, 胡 炜¹, 张堂林¹, 舒少武¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 湖北省环境监测中心站, 武汉 430072)

摘要: 2008 年 2 月至 2009 年 1 月对转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺的种群生态学进行了周年研究。铜锈环棱螺的平均密度和生物量分别为 28.96 个/m² 和 17.33 g/m², 丰度最高值出现在 4 月 (34.29 个/m² 和 54.51 g/m²), 其次为 12 月 (25.1 个/m² 和 36.18 g/m²)。试验湖泊中铜锈环棱螺在 4—7 月繁殖, 种群中含有 4 个年龄组, 其中 2008 年龄组占绝对优势。铜锈环棱螺壳长-体重方程为: $\lg Ww = 2.8791 \times \lg SL - 3.4227$, 使用瞬时生长法测算试验湖泊铜锈环棱螺的周年生产量, 带壳湿重为 12.72 g·m⁻²·a⁻¹, 去壳干重为 0.74 g·m⁻²·a⁻¹, P/B 系数为 0.42。估算试验湖泊 2005 年至 2009 年铜锈环棱螺生产量 (去壳干重) 分别为 2.24, 2.49, 1.50 和 0.74 g·m⁻²·a⁻¹。多元逐步回归分析显示总氮对铜锈环棱螺的次级生产量有显著影响, 转基因鲤的捕食压力也可能是影响铜锈环棱螺生产量的重要因素。

关键词: 铜锈环棱螺; 次级生产量; 瞬时增长率法; P/B 系数; 转基因鱼试验湖泊

Population dynamics and production of *Bellamyia aeruginosa* (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan

XIONG Jing^{1,3}, XIE Zhicai^{1,*}, JIANG Xiaoming^{1,2}, HU Wei¹, ZHANG Tanglin¹, SHU Shaowu¹

1 Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China

2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Hubei Environmental Monitoring Central Station, Wuhan 430072, China

Abstract: *Bellamyia aeruginosa* (Reeve) is the predominant macrozoobenthic species and main food source in an artificial lake used for rearing transgenic common carp (*Cyprinus carpio* L.) with the 'all-fish' growth hormone gene constructs. Knowledge of the life history and production of *B. aeruginosa* are critical in assessing the predation pressure by transgenic common carp. Between February 2008 and January 2009, the population dynamics and production of *B. aeruginosa* were studied at monthly intervals at seven stations in the artificial lake situated in Hubei Province, China. The instantaneous growth rate method was applied to determine the production and P/B ratio of *B. aeruginosa*. Production over the period 2005—2008 was then compared from the calculated P/B ratios. Finally, the important environmental factors influencing production patterns were established via multiple regression analyses.

During 2008—2009, annual average density and biomass (wet weight) were 28.96 ind./m² and 17.33 g/m², respectively. *B. aeruginosa* recruitment occurred mainly between April and July. A major peak in standing crops was observed in April (34.29 ind./m² and 54.51 g/m²), with a minor peak in December (25.1 ind./m² and 36.18 g/m²). Based on the peaks in population density and seasonal variations in size distribution of shell-length, the *B. aeruginosa*

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (2005AA60101005); 国家重点基础研究发展计划 (2007CB109205)

收稿日期: 2010-10-09; **修订日期:** 2011-02-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhcxie@ihb.ac.cn

population was composed of four cohorts. Growth of the 2005 cohort had nearly ceased, while individuals of the 2008 cohort grew rapidly, with an instantaneous growth rate of 2.34. The 2008, 2007 and 2006 cohorts accounted for 20.2, 52.7 and 25.8% of total density, respectively.

Regressions between shell-length and wet weight (Ww) was $\lg Ww = 2.8791 \times \lg SL - 3.4227$ ($n = 96$, $P < 0.001$). To reduce the error, the growth curves of each cohort ($P < 0.05$) were also fitted. Using the instantaneous growth rate method, the annual production of *B. aeruginosa* was calculated at $12.72 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ (wet weight) or $0.74 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ (dry weight without shell), with a P/B ratio of 0.42. Annual production (wet weight) for the 2008, 2007 and 2006 cohorts were 6.40 (P/B ratio = 2.33), 1.99 (0.13) and 4.33 (0.37) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, respectively. Annual production of the 2008 cohort was ignored because it was only composed of a few aging individuals.

Using the P/B ratios, annual production (dry weight without shell) for the 4-year period (2005—2009) was calculated as 2.24, 2.49, 1.50 and $0.74 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, respectively, showing a significant steady reduction ($F = 4.497$, $P = 0.013$). Pearson correlation analysis indicated that water transparency (SD), total nitrogen (TN), nitrate nitrogen ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) were positively correlated with production (dry weight without shell) ($P < 0.001$) and stepwise regression analysis showed that TN was the key factor influencing production ($F = 7.632$, $P = 0.009$).

Water trophic levels and predation pressure by transgenic common carp appear to be responsible for the fluctuations in annual production of *B. aeruginosa* in this artificial lake. High-level of nutrients may significantly increase *B. aeruginosa* production, while selective feeding by transgenic common carp had the opposite effect. However, whether production in the artificial lake will continue to decrease with the growth of transgenic common carp requires further research.

Key Words: *Bellamya aeruginosa* (Reeve); production; instantaneous growth rate method; P/B ratio; artificial Lake for transgenic fish

自 1985 年世界上第一批转基因鱼诞生以来^[1],世界上已经有超过 35 种鱼用于转基因研究。迄今尚未有转基因鱼进行商品化养殖,主要是担忧转基因鱼可能引发遗传和生态安全方面的问题^[2],如:转基因鱼通过下行效应和营养级联作用影响其饵料生物——底栖动物群落结构和功能。次级生产量是对动物生态功能的量化,能够较为全面诠释环境压力对生态系统功能的影响,被广泛用作衡量底栖鱼类对底栖动物影响的指标。

铜锈环棱螺(*Bellamya aeruginosa*)是转基因鱼试验湖泊中的优势物种^[3],又是转基因鲤的重要食物之一,其在食物网物质循环和能量流动中起着关键作用,对转基因鲤生存、生长和繁殖也具有重要意义^[4]。作者于 2008 年 2 月至 2009 年 1 月对试验湖泊中铜锈环棱螺进行了逐月采集,研究了其种群动态规律和生活史特征,并采用瞬时增长率法估算了其生产量和 2005—2008 年间的生产量动态,解析了影响次级生产量的环境因子,为评估转基因鲤生态风险提供了科学依据。

1 材料与方法

1.1 湖泊概况

转基因鱼试验湖泊(以下简称试验湖泊)位于湖北省武汉市江夏区境内的梁子湖畔($114^{\circ}24'E$, $30^{\circ}08'N$),水面面积 6.67 hm^2 。试验湖泊是依据梁子湖背景资料构建的隔离半封闭水体,具有防洪、防逃、防盗等安全设施。试验湖泊中各生物类群均具有稳定种群,具有中国长江中下游湖泊的代表性。试验湖泊中转基因鱼为 05 年 8 月投放的转“全鱼”生长基因(CAgcGH)鲤鱼^[4]。

1.2 标本采集及处理

根据湖泊环境及生态特征,全湖设置了 7 个采样点(图 1),采样从 2008 年 2 月到 2009 年 1 月,为期 1a,一般在每月 25 日左右进行。定量采集使用 $1/16 \text{ m}^2$ 彼德生氏采泥器。泥样经 $450 \mu\text{m}$ 的铜筛洗净后,用肉眼将动物标本从解剖盘中检出,用 10% 福尔马林进行固定。用游标卡尺(精度 0.01 mm)测量铜锈环棱螺形态参

数,将待测标本平铺于滤纸上以吸取水分,换纸,直至滤纸上没有湿的印迹为止,用电子天平(精度 0.0001g)称量。去壳干重使用闫云君(1999)^[5]换算。

1.3 生产力测算

根据铜锈环棱螺壳长分布频率划分年龄组,推测其生活史。次级生产力采用瞬时生产力法测算,即 $P = G \times Bm$; $G = \ln W_{i+1} - \ln W_i / t$; $Bm = (W_{i+1} + W_i) / 2$ 。式中, P , 生产量; G , 瞬时增长率; W_i 第 i 次采样时的体重; t , 时间(月); Bm , 平均现存量^[6]。

1.4 理化指标测定

测定了试验湖泊水体理化指标,包括:水温、pH、溶解氧(DO)、电导率(Cond.)、透明度(SD)、总磷(TP)、总氮(TN)、氨氮(NH₃-N)、硝酸盐氮(NO₃⁻-N)。测定方法参照水和废水监测分析方法^[7]。

2 结果与分析

2.1 种群动态

铜锈环棱螺从4月开始生殖,7月达到高潮,因此夏季种群密度较大。铜锈环棱螺的平均密度和生物量分别为 28.96 个/m² 和 17.33 g/m², 丰度最高值出现在4月(34.29 个/m² 和 54.51 g/m²), 12月份(25.1 个/m² 和 36.18 g/m²)再次出现峰值,这可能与铜锈环棱螺在湖心区越冬有关。5、6月份密度下降较快可能是由于鲤鱼摄食压力的增大及自身死亡率较高导致的。生物量的变动趋势与密度相似,呈现出3个峰值(图2)。

2.2 生长及种群结构

根据体长频率划分年龄组,得到铜锈环棱螺的种群生长曲线(图3)。铜锈环棱螺种群由4个年龄组组成,即2008年组、2007年组、2006年组及少数2005年组的个体。08年组生长最快,壳长从6月份出生时的6.81 mm到一年后的15.05 mm,其带壳湿重瞬时生长率为2.34。2007、2008年组生长较缓慢。发现有极少数壳长达25.3 mm的个体,推测是2005年组残存的个别衰老个体。从整个种群的组成看,2008年组占20.2%,2007年组占52.8%,2006年组占25.8%。说明该种群2008年繁殖的个体较少。

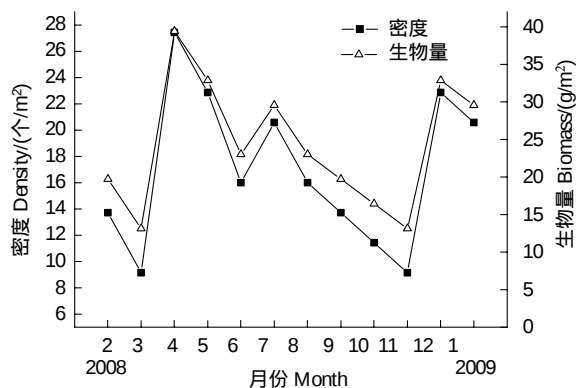


图2 转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺的现存量

Fig. 2 Monthly variations of density and biomass of *B. aeruginosa* in artificial lake

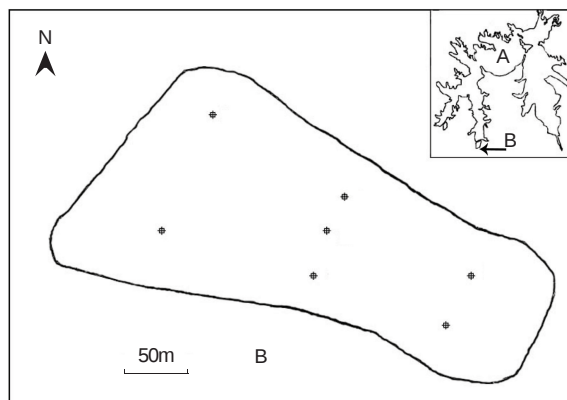


图1 试验湖泊及采样点分布

Fig. 1 Sampling sites in artificial lake (B) and its location in Liangzi lake (A), Hubei Province

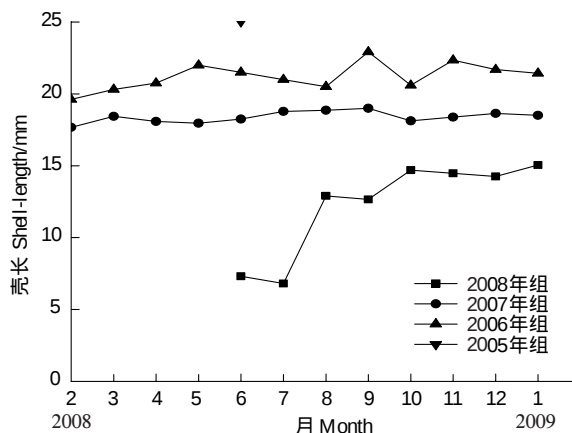


图3 转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺的生长曲线

Fig. 3 Growth curve of *B. aeruginosa* in artificial lake

2.3 试验湖泊铜锈环棱螺的生产量

试验湖泊中铜锈环棱螺壳长-体重方程为: $\lg Ww = 2.8791 \times \lg SL - 3.4227$ ($n = 96, P < 0.001$)。次级生产

量使用瞬时生产率法估算。由于环棱螺个体较大,采样面积有限,存在一定采样误差,为了减小误差,对2008、2007、2006年组采用间接数据,即每月个体的平均大小是依据生长曲线拟合方程计算得到。3个年组生长曲线拟合方程分别为:

$$2006 \text{ 年组 } \ln L = 2.9892 + 0.0382 \times \ln T \quad (r = 0.6555, P < 0.05);$$

$$2007 \text{ 年组 } \ln L = 2.8823 + 0.0177 \times \ln T \quad (r = 0.6209, P < 0.05);$$

$$2008 \text{ 年组 } \ln L = 0.5120 + 0.9302 \times \ln T \quad (r = 0.8762, P < 0.05); (L: \text{壳长, mm}; T: \text{月份})$$

从表1—表3可知,2008、2007、2006年组 P/B 系数分别为2.33、0.13、0.37;周年生产量分别为6.40、1.99、4.33 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。2008年2月到2009年1月间试验湖泊中铜锈环棱螺种群的周年生产量为12.7 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ (带壳湿重),去壳干重为0.74 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, P/B 系数为0.42。从对该年生产量的贡献看,2008年组最多,为50.3%;2007年组为15.7%;2006年组为34.0%。2005年组仅存个别衰老个体,生产量忽略不计。

表1 转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺2008年组组的周年生产量

Table 1 Annual production of 2008 year class of *B. aeruginosa* in artificial lake

月份 Month	2008							2009
	6	7	8	9	10	11	12	1
实测壳长 Actual shell-length/mm	7.3	6.8	12.9	12.7	14.7	14.5	14.3	15.1
估测壳长 Estimated shell-length/mm	7.5	8.8	10.2	11.5	12.9	14.2	15.5	16.8
带壳湿重 Wet weight with shell/g	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3
平均生物量 Mean standing stock/(g/m^2)	1.0	2.5	2.7	1.6	2.3	5.4	5.0	1.1
瞬时增长率 Instantaneous growth rate	0.49	0.41	0.36	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21
生产量 Production/(g/hm^2)	0.47	1.02	0.98	0.52	0.66	1.37	1.16	0.24
周年生产量合计 Total production/($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	6.40							
P/B 系数 P/B ratio	2.33							

表2 转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺2007年组的周年生产量

Table 2 Annual production of 2007 year class of *B. aeruginosa*

月份 Month	2008											2009
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
实测壳长/mm Actual shell-length	17.7	18.4	18.1	18.0	18.3	18.8	18.9	19.0	18.1	18.4	18.7	18.5
估测壳长/mm Estimated shell-length	17.9	18.1	18.2	18.3	18.4	18.4	18.5	18.5	18.6	18.6	18.6	18.7
带壳湿重/g Wet weight with shell	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
平均生物量/g Mean standing stock	13.4	15.9	23.1	18.3	16.9	15.6	8.2	6.2	7.8	13.6	23.8	14.1
瞬时增长率 Instantaneous growth rate	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
生产量(g/m^2) Production	0.47	0.33	0.34	0.21	0.16	0.12	0.06	0.04	0.04	0.07	0.11	0.06
周年总生产量/($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) Total production	1.99											
P/B 系数 P/B ratio	0.13											

2.4 试验湖泊铜锈环棱螺的生产量与环境因子的相关关系

使用本文求得的 P/B 系数和干湿重比,对试验湖泊2005到2009年共4a间铜锈环棱螺生产量(去壳干重)进行了估算。由图4可见,铜锈环棱螺生产量总体呈明显的下降趋势;2005、2006年较高,分别为2.24和2.49 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,从2007开始降低(1.50 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$),2008年最低(0.74 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$),仅为最高值(2006年)的

29.7%。单因素方差分析显示,2008 年铜锈环棱螺生产量显著低于第 2005、2006 年($F=4.497, P=0.013$)。

表 3 转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺 2006 年组的周年生产量

Table 3 Annual production of 2006 year class of *B. aeruginosa*

月份 Month	2008										2009
	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	1
实测壳长/mm Actual Shell-length	19.6	20.3	20.8	22.0	21.0	20.5	22.9	20.6	22.4	21.7	21.4
估测壳长/mm Estimated shell-length	19.9	20.4	20.7	21.0	21.3	21.4	21.5	21.6	21.7	21.8	21.9
带壳湿重/mm Wet weight with shell	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7
平均生物量/g Mean standing stock	7.6	20.5	27.1	28.2	4.7	14.9	17.7	8.1	5.5	5.0	2.5
瞬时增长率 Instantaneous growth rate	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
生产量/(g/m ²) Production	0.6	0.9	1.5	0.6	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
总生产量/(g·m ⁻² ·a ⁻¹) Total production	4.33										
P/B 系数 P/B ratio	0.37										

对 2007 年 1 月至 2009 年 1 月两年间试验湖泊铜锈环棱螺次级生产量(去壳干重)与环境变量进行 Pearson 相关分析(表 4),总氮、硝酸盐氮和透明度与次级生产量相关性较大,但相关系数普遍不高。多元逐步回归分析显示总氮对铜锈环棱螺的次级生产量有显著影响($F=7.632, P=0.009$),但解释率偏低(表 5)。

表 4 铜锈环棱螺次级生产力(去壳干重)与环境因子的相关分析

Table 4 Correlation coefficients between the production (dry weight without shell) and corresponding environmental variables

	<i>T</i> /℃	pH	DO	SD	Cond.	TN	NH ₄ -N	NO ₃ -N	TP
相关系数									
Pearson correlation	-0.205	-0.075	0.230	0.418 **	-0.052	0.437 **	-0.158	0.397 **	-0.160
<i>P</i>	0.116	0.331	0.088	0.006	0.383	0.004	0.179	0.008	0.176

* * 表示极显著相关 $P < 0.01$, significant level at $P < 0.01$

表 5 逐步回归分析解析转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺次级生产量(去壳干重)的环境因素

Table 5 Stepwise multiple regression analyses determining the environmental variables affecting the production (dry weight without shell) of artificial lake

模型 Model	系数 <i>B</i>	<i>R</i> ²	<i>F</i>	<i>P</i>
常数	0.568			
TN	14.473	0.159	7.632	0.009

3 讨论

生产力研究工作从估算次级生产力向建立生产力模型、构建食物网以及多样性与生产力相互关系等纵深方向发展。底栖动物次级生产量的研究是深入研究转基因鲤对生态环境中饵料生物结构和功能影响的基础。通过建立生产量与环境压力的相关关系,从而能够直接利用指示生物的生产量状况评价环境现状,为转基因鱼生态风险评价提供科学依据。目前,国内关于铜锈环棱螺种群生态学的研究较少。闫云君和陈其羽等曾报道该种在扁担塘、后湖和东湖均为 4 个年龄组,而龚志军发现东湖的铜锈环棱螺有 5 个年龄组^[8-11]。本研究中,试验湖泊铜锈环棱螺的种群结构与闫云君和陈其羽结论相似,即分 4 个年龄组。但各年龄组的平均体长有一定的差异,这与不同湖泊生长环境条件有直接关系。

Waters 认为生命周期较长的底栖动物(如软体动物)其 P/B 系数可低至 0.1—0.2。龚志军等报道东湖铜锈环棱螺 P/B 系数为 0.64, 闫云君报道临近东湖的扁担塘和后湖铜锈环棱螺的 P/B 系数分别为 0.5 和 0.8^[8-10]; 这与试验湖泊铜锈环棱螺 P/B 系数 0.42 极为接近, 说明同一地区的同一种类的生活史特征较为稳定。

水生态系统的营养水平对次级生产量有显著作用^[12-13]。试验湖泊铜锈环棱螺周年生产量(带壳湿重 $12.72 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)处于相对较低的水平, 生产量略小于扁担塘和后湖(分别为 15.77 和 $33.13 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), 远小于东湖的报道($91.56 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)。铜锈环棱螺生长和繁殖所必需的无论是有机碎屑还是藻类等食物饵料都是东湖更为丰富。试验湖泊人为干扰非常小, 是一个内

源因素占主导的湖泊生态系统。多元逐步回归分析显示 TN 是影响底栖动物次级生产量的关键因素, 高的营养水平显著地促进了次级生产量的增长, 这与其他学者的研究结果一致^[10,14]。

鱼类的捕食作用通常是控制底栖动物群落次级生产量的主要因素之一^[15]。2005 年 8 月试验湖泊投放了底栖食性的鲤鱼与转基因鱼, 舒少武通过对转基因鲤肠道内含物解剖后发现铜锈环棱螺是转基因鲤和对照鲤的主要食物: 1 龄转基因鲤主要摄食豆螺, 3 龄转基因鲤主要摄食田螺类、豆螺类和植物花果。推测 2006 年由于 1 龄的转基因鲤和对照鲤对豆螺摄食较多, 对铜锈环棱螺摄食压力较小, 因此铜锈环棱螺生产量略有升高; 而随着转基因鲤和对照鲤的生长, 对铜锈环棱螺的摄食压力增大, 因此从第 3 年开始, 铜锈环棱螺生产量呈持续下降趋势。铜锈环棱螺生产量是否继续下降或达到新的平衡还需要长期的监测。

致谢: 感谢中国科学院水生生物研究所熬鸿毅提供水理化指标数据。

References:

- [1] Zhu Z Y, He L, Chen T T. Primary-structural and evolutionary analyses of growth-hormone gene from grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). 1992, European Journal of Biochemistry, 207: 643-648.
- [2] Devlin R H, Johnsson J I, Smailus D E, Biagi C A, Jönsson E, Björnsson B T. Increased ability to compete for food by growth hormone-transgenic coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum). Aquaculture Research, 1999, 30(7): 479-482.
- [3] Xiong J, Xie Z C, Chen J, Zhang J Q, Shu S W, Zhang T L, Hu W. Effects of 'allfish' GH transgenic common carp (*Cyprinus carpio* L.) on benthic macroinvertebrate community structure and biodiversity in the isolation lake. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(4): 377-382.
- [4] Shu S W. Primary studies on the biological characteristic of GH-transgenic common carp in an artificial lake. Wuhan: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, 2009: 25-80.
- [5] Yan Y J and Liang Y L. A study of Dry-to-Wet Weight ratio of aquatic macroinvertebrates, Journal of HuaZhong University of Science and Technology, 1999, 27(5): 61-63.
- [6] Ricker W. Production and utilization of fish populations. Ecological Monographs, 1946: 373-391.
- [7] The Station Environmental Protection Administry Editorial Committee of the Method for Testing Water and Waste Water. The Method for Testing Water and Waste Water. Beijing: China Environmental Science Press, 2002: 88-284.
- [8] Yan Y J and Liang Y L. Annual production of *Bellamya aeruginosa* in Houhu Lake, Wuhan. Journal of Lake Science, 2000, 12(1): 68-72.
- [9] Yan Y J, Liang Y L, Wang H Z. Production of gastropods in Lake Biandantang I. Annual production of *Bellamya aeruginosa*. Acta Hydrobiologica Sinica, 1999, 23(4): 346-351.
- [10] Gong Z J, Li Y L, Xie P. Propulation dynamic and production of *Bellamya aeruginosa* (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in Lake Donghu, Wuhan. Journal of Lake Science, 2009, 21(3): 401-407.

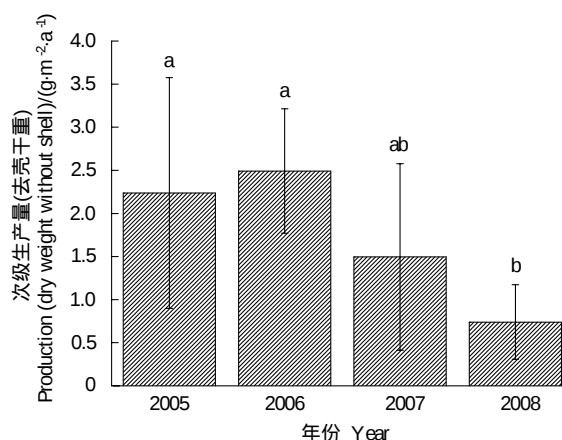


图4 转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺去壳干重生产量

Fig 4 Annual production of *B. aeruginosa* in artificial lake

- [11] Chen Q Y. A preliminary study on the population dynamics and annual production of *Bellamya aeruginosa* (Reeve) in Lake Donghu, Wuhan. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1987, 11(2): 117-130.
- [12] Dolbeth M, Pardal M A, Lillebø A I, Azeiteiro U and Marques J C. Short-and long-term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. *Marine Biology*, 2003, 143(6): 1229-1238.
- [13] Prins, Escaravage, Wetsteyn, Peeters and Smaal. Effects of different N-and P-loading on primary and secondary production in an experimental marine ecosystem. *Aquatic Ecology*, 1999, 33(1): 65-81.
- [14] Cross W F, Wallace J B, Rosemond A D and Eggert S L. Whole-system nutrient enrichment increases secondary production in a detritus-based ecosystem. *Ecology*, 2006, 87(6): 1556-1565.
- [15] Englund R. The impacts of introduced poeciliid fish and Odonata on the endemic *Megalagrion* (Odonata) damselflies of Oahu Island, Hawaii. *Journal of Insect Conservation*, 1999, 3(3): 225-243.

参考文献:

- [3] 熊晶, 谢志才, 陈静, 张君倩, 舒少武, 张堂林, 胡炜. 转基因鲤鱼对大型底栖动物群落及多样性的影响. *长江流域资源与环境*, 2010, 19(4): 377-382.
- [4] 舒少武. 人工试验湖泊中转 GH 基因鲤鱼生物学特性的初步研究. 武汉: 中国科学院水生所, 2009: 25-80.
- [5] 闫云君, 梁彦龄. 水生大型无脊椎动物的干湿重比的研究. *华中理工大学学报*, 1999, 27(9): 61-63.
- [7] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会编. *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: 88-284.
- [8] 闫云君, 梁彦龄. 武汉后湖铜锈环棱螺的周年生产量. *湖泊科学*, 2000, 12(1): 68-72.
- [9] 闫云君, 梁彦龄, 王洪铸. 扁担塘螺类生产力的研究 I. 铜锈环棱螺的周年生产量. *水生生物学报*, 1999, 23(4): 346-351.
- [10] 龚志军, 李艳玲, 谢平. 武汉东湖铜锈环棱螺的种群动态及次级生产力. *湖泊科学*, 2009, 21(3): 401-407.
- [11] 陈其羽. 武汉东湖铜锈环棱螺种群变动和生产量的初步观察. *水生生物学报*, 1987, 11(2): 117-130.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 23 December, 2011 (Semimonthly)
CONTENTS

Satellite-based modelling light use efficiency of alpine meadow along an altitudinal gradient	
.....	FU Gang, ZHOU Yuting, SHEN Zhenxi, et al (6989)
Changes in the concentrations of airborne <i>Picea schrenkiana</i> pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area	PAN Yanfang, YAN Shun, MU Guijin, et al (6999)
Primary production in the Bay of Bengal during spring intermonsoon period	
.....	LIU Huaxue, KE Zhixin, SONG Xingyu, et al (7007)
Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China	
.....	WU Xinwei, LI Guoyong, SUN Shucun (7013)
SOFM-based nutrient cycling classification of forest ecosystems in the Loess Plateau	
.....	CHEN Kai, LIU Zengwen, LI Jun, et al (7022)
Characterization of the responses of photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters to water stress in seedlings of six provenances of Chinese Pine (<i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.)	WANG Yan, CHEN Jianwen, et al (7031)
Effect of silicon supply on Tall Fescue (<i>Festuca arundinacea</i>) growth under the salinization conditions	
.....	LIU Huixia, GUO Xinghua, GUO Zhenggang (7039)
Effects of high-temperature stress on physiological characteristics of leaves of <i>Simmondsia Chinensis</i> seedlings from different provenances	HUANG Weiwei, ZHANG Niannian, HU Tingxing, et al (7047)
Soil moisture dynamics of water and soil conservation forest on the Loess Plateau	ZHANG Jianjun, LI Huimin, XU Jiajia (7056)
The distribution of male and female <i>Populus cathayana</i> populations along an altitudinal gradient	
.....	WANG Zhifeng, XU Xiao, LI Xiaofeng, et al (7067)
Analysis on the characteristics of macrobenthic community in the North-west Daya Bay of South China Bay in spring	
.....	DU Feiyan, LIN Qin, JIA Xiaoping, et al (7075)
The effects of season and environmental factors on community structure of planktonic copepods in Zhanjiang Bay, China	
.....	ZHANG Caixue, GONG Yuyan, WANG Xuefeng, et al (7086)
Population genetic structure of <i>Pneumatophorus japonicus</i> in the Taiwan Strait	
.....	ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, et al (7097)
Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors	
.....	YU Chao, CHU Jinyu, BAI Xiaohua, et al (7104)
Population dynamics and production of <i>Bellamyia aeruginosa</i> (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan	XIONG Jing, XIE Zhicai, JIANG Xiaoming, et al (7112)
Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland	
.....	WANG Weiqi, XU Linglin, ZENG Congsheng, et al (7119)
Effects of EDTA on growth and lead-zinc accumulation in maize seedlings grown in amendment substrates containing lead-zinc tailings and soil	WANG Hongxin, HU Feng, XU Xinwang, et al (7125)
Effects of different coated controlled-release urea on soil ammonia volatilization in farmland	LU Yanyan, SONG Fupeng (7133)
Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field	
.....	MA Li, LI Chaohai, FU Jing, et al (7141)
Effect of timing of DCD application on nitrous oxide emission during wheat growing period	
.....	JI Yang, YU Jia, MA Jing, et al (7151)
The role of the fertilizing with nitrogen, calcium and sodium chloride in winter wheat leaves adaptation to freezing-thaw stress	
.....	LIU Jianfang, ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, et al (7161)
Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain	
.....	LUO Yan, QIAO Yuhui, WU Wenliang (7170)
Effects of selenium added to soil on physiological indexes in flue-cured tobacco	
.....	XU Zicheng, SHAO Huifang, SUN Shuguang, et al (7179)
Influence of different planting patterns on field microclimate effect and yield of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	
.....	SONG Wei, ZHAO Changxing, WANG Yuefu, et al (7188)
Rapid cold hardening of Western flower thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> , and its ecological cost	
.....	LI Hongbo, SHI Liang, WANG Jianjun, et al (7196)

- Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.) DENG Mingming, GAO Huanhuan, LI Dan, et al (7203)
- Development and reproduction of *Bemisia tabaci* biotype B on wild and cultivated tomato accessions
..... GAO Jianchang, GUO Guangjun, GUO Yanmei, et al (7211)
- Study on ecological water demand based on assessment of ecosystem disturbance degree in the Baiyangdian Wetland
..... CHEN He, YANG Ying, YU Shiwei, et al (7218)
- Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China
..... HU Qiuhong, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (7227)
- Mathematical model design of time-effect relationship analysis about the inhibition of four eighteen-carbon fatty acids on toxic
Microcystis aeruginosa HE Zongxiang, ZHANG Tingting (7235)
- Enrichment of heavy metals in the seagrass bed of Liusha Bay XU Zhanzhou, ZHU Aijia, CAI Weixu, et al (7244)
- A gradient analysis of urban architecture landscape pattern based on QuickBird imagery
..... ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (7251)
- Landscape spatial heterogeneity is associated with urbanization: an example from Yangtze River in Jiangsu Province
..... CHE Qianjin, CAO Youhui, YU Lu, et al (7261)
- CVM for Taihu Lake based on ecological functions of wetlands restoration, and ability to pay and willingness to pay studies
..... YU Wenjin, XIE Jian, ZOU Xinqing (7271)
- Review and Monograph**
- Progress in research on the marine microbial loop in the Arctic Ocean HE Jianfeng, CUI Shikai, ZHANG Fang, et al (7279)
- Research progress in the eco-environmental effects of urban green spaces
..... SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al (7287)
- Source, exposure characteristics and its environmental effect of heavy metals in urban surface dust
..... FANG Fengman, LIN Yuesheng, WANG Haidong, et al (7301)
- Scientific Note**
- Spatial structures of soilcarbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorger Reservoir Areas
..... LIN Yinghua, WANG Laifa, TIAN Xiaokun, et al (7311)
- The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors LIU Wenai, FAN Hangqing (7320)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 23 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 23 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元