

扁担塘螺类生产力的研究 II. 纹沼螺的周年生产量

阎云君 梁彦龄 王洪铸

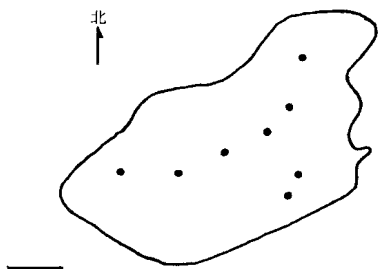
(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要: 采用四种方法对扁担塘纹沼螺的周年生产量进行了测算, 结果表明, 四种方法得到的生产量吻合极好。生产量的去壳干重和带壳湿重分别是: 体长频度法, $178.07 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, $4998.40 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 减员累计法, $174.50 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, $4898.20 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; Allen 曲线法, $174.50 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, $4898.20 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 瞬时增长率法, $178.14 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, $5000.40 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。对应的 P/B 系数分别为 4.3, 4.4, 4.4, 4.5。

关键词: 扁担塘; 螺类; 纹沼螺; 生产力; P/B 系数

中图分类号: 966.28 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2001)01-006

纹沼螺 [*Parafossarulus striatulus* (Benson)] 通常是浅水草型湖泊的优势种类^[1-3], 密度大, 生物量可观, 不仅是青鱼等经济鱼类的优良天然食料, 而且在湖泊物质循环和能量流动中起着极为重要的作用, 其生产力国内外尚未报道。为了了解纹沼螺的生态功能及渔产潜力, 作者于 1996 年 4 月至 1997 年 3 月对典型草型湖泊扁担塘的纹沼螺进行了周年逐月采集, 并采用瞬时增长率、体长频度、减员累加 (Removal summation)、Allen 曲线 (Allen curve) 等方法测算了生产量, 以便进行比较。



1 工作方法

1.1 采集点和采样时间 扁担塘的湖沼学特征及理化特性见文献[1]。全湖共设 8 个采样点, 其中 S₁、S₆ 点设在莲区, S₂、S₃、S₄ 及 S₅ 点位于湖心断面上的聚草区, S₇、S₈ 点为无草区(图 1)。采样时间一般在每月 20 日左右, 为期一年, 即 1996 年 4 月至 1997 年 3 月。

1.2 标本采集及处理 定量采集使用 $1/16 \text{ m}^2$ 改良彼得生式采泥器, 每点一次, 个别两次, 泥样经 60 目铜筛或纱网筛洗后, 置于解剖盘中分检, 标本用 10% 的福尔马林固定。

1.3 壳长-体重关系的计算 取 20 只不同大小的鲜活个体, 用游标卡尺测定壳长, 吸去

图 1 扁担塘及采样点的分布
Fig. 1 Lake Biantang and distribution of sampling sites

收稿日期: 1999-07-07; 修订日期: 2000-01-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(39600019 和 3943010101); 中国科学院资源与生态环境研究“九五”重大项目(KZ951-A1-102-01 和 KZ951-B1-104)

作者简介: 阎云君(1969—), 男, 湖北省罗田人; 博士, 副教授; 现在华中理工大学生命科学院从事生态学工作

壳表水分, 称湿重。去壳后, 置于 60℃ 烤箱烤至恒重, 在电子天平上称重。求得壳长、体重(去壳干重、带壳湿重)之回归关系。

1.4 生产量的测算 计数、测量每月个体数和壳长, 结合上述回归方程计算干、湿重。采用体长频率法(Size frequency method), 瞬时生长率法(Instantaneous growth method), 减员累计法(Removal summation method), Allen 曲线法(Allen curve method) 等方法测算纹沼螺的周年生产量, 并进行比较。

2 结果

2.1 种群动态

纹沼螺 4、5 月间产卵于水草上, 5 月下旬种群密度出现峰值(158 ind·m⁻²), 多数个体为刚孵出的幼体, 随后迅速下降, 8、9 月减缓。但在十一月出现次峰值, 这可能与纹沼螺在底泥中越冬易被采集有关。次年一至三月种群达到低谷。生物量(去壳干重)的变动趋势与密度相似, 在 5 月、11 月分别出现峰值(图 2)。

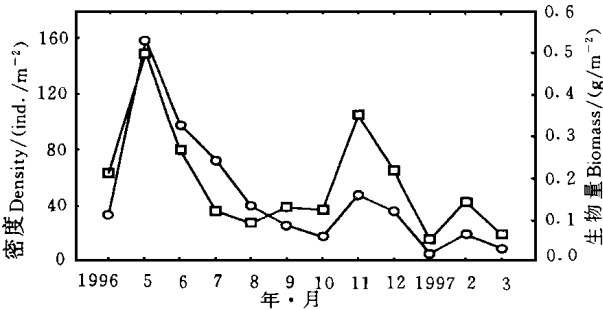


图 2 扁担塘纹沼螺密度和生物量(去壳干重)的逐月变动
Fig. 2 Monthly variation of density (—○—) and biomass (—□—) (dry weight shell free) of *P. striatulus* in Lake Biandantang

2.2 生长

纹沼螺的生活史根据体(壳)长频率分布的周年动态确定(Hunter)^[4]。从图 3 可知 95 世代的极少个体能够存活到次年 10 月, 此时 96 世代已发育为成体, 因此纹沼螺的生

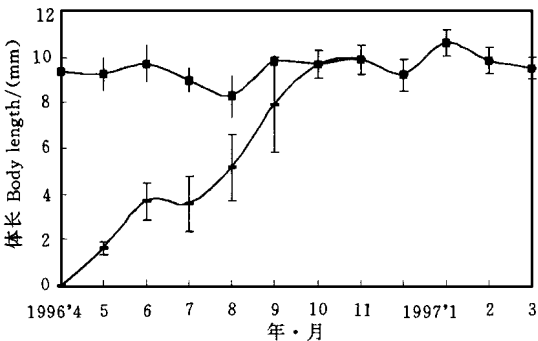


图 3 扁担塘纹沼螺的生长曲线
Fig. 3 Growth curve of *P. striatulus* in Lake Biandantang

活史一般为一年半左右。96 世代于 5 月孵化为幼体, 越冬之前达到最大壳长, 次年 4—5 月开始产卵。其瞬时生长率(去壳干重)为 5.23。

2.3 体(壳)长- 体重关系

纹沼螺体(壳)长(L: mm)与去壳干重(Wd: mg)及带壳湿重与去壳干重之关系如图 4、图 5。

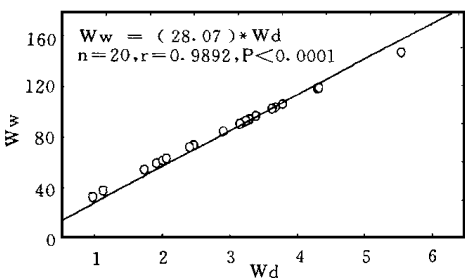
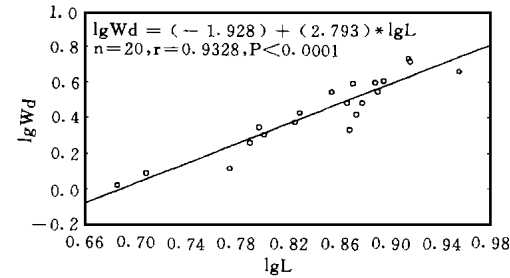


图 4 扁担塘纹沼螺壳长(L: mm) 体重
(去壳干重, Wd: mg) 之关系

图 5 扁担塘纹沼螺带壳湿重
(Ww: mg) 与去壳干重(Wd: mg) 之关系

Fig. 4 Relationship between shell length (L: mm)
and body weight (Wd, mg dry weight shell free)
of *P. striatulus* in Lake Biandantang.

Fig. 5 Relationship between wet weight (Ww: mg
with shell) and dry weight (Wd, mg shell free)
of *P. striatulus* in Lake Biandantang.

2.4 生产量的测算

4 种方法测算纹沼螺的生产量如下:

2.4.1 体长频率法 由于纹沼螺在 11 月份所有个体达到最大壳长, 此后无有机物积累。因此, 只需测算其 96 世代 11 月份以前的生产量, 即是周年生产量。

体长频率法测算的周年生产量为 178.07mg•m⁻²•a⁻¹(去壳干重), P/B 系数为 4.3(表 1)。

表 1 体长频率法测算扁担塘纹沼螺的周年生产量(去壳干重)

Tab. 1 Annual production (dry weight shell free) of <i>P. striatulus</i> in Lake Biandantang, calculated by size frequency method							
体(壳)长组 Size group (mm)	密度 Density (No. m ⁻²)	体均重 Mean wt. (mg)	生物量 Biomass (g•m ⁻²)	减员数 No. loss (No•m ⁻²)	减员个体均重 Wt. at loss (mg)	损失量 Wt. loss (g•m ⁻²)	生产量 Production (g•m ⁻²)
0~ 1	0.3	0.010	0.003	- 6.100	0.020	- 0.122	- 1.464
1~ 2	6.4	0.040	0.257	3.300	0.070	0.231	2.772
2~ 3	3.1	0.150	0.463	- 1.400	0.240	- 0.336	- 4.032
3~ 4	4.5	0.390	1.755	2.300	0.560	1.288	15.456
4~ 5	2.2	0.790	1.712	0.900	1.050	0.945	11.340
5~ 6	1.3	1.390	1.853	0.300	1.760	0.528	6.336
6~ 7	1.0	2.220	2.220	0.300	2.720	0.816	9.792
7~ 8	0.7	3.330	2.220	- 1.300	3.970	- 5.161	- 61.932
8~ 9	2.0	4.740	9.480	0.000	5.540	0.000	0.000
9~ 10	2.0	6.480	12.96	1.500	7.460	11.190	134.280
10~ 11	0.5	8.590	4.295	0.200	9.960	1.992	23.904
11~ 12	0.3	11.560	3.853	0.300	11.560	3.468	41.616
生物量 Biomass= 41.07			周年生产量 Annual production= 178.070				

经计算,得扁担塘纹沼螺的个体带壳湿重与去壳干重的关系为:

$$Ww = 28.07 Wd \quad (n = 20, r = 0.9892, p < 0.0001)$$

上式斜率 28.07 实际上是湿重时个体带壳与去壳重量之比(4.3:1)与软体湿、干重之比(6.6:1)的乘积。而在铜锈环棱螺的研究中,发现带壳湿重和去壳干重生产量的换算关系符合其带壳湿重与去壳干重的换算关系,且 P/B 系数基本一致。因此,纹沼螺带壳湿重生产量为: $4998.40\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, P/B 系数为 4.3。

2.4.2 瞬时生长率法 为减少采样误差,测算纹沼螺生产量时,采用间接数据,即每月个体平均大小依据生长曲线拟合方程计算得到,去壳干重由壳长体重回归方程求得。拟合的纹沼螺生长曲线方程为:

$$\lg L = 0.2043 + 0.9426 \lg (T - 5), (n = 7, r = 0.9758, p < 0.001)$$

其中, L: 体长(mm); T: 月份

同样,瞬时生长率法亦仅测算了 5—11 月的生产量,纹沼螺的去壳干重周年生产量为 $178.14\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, P/B 系数为 4.5 (表 2)。由此,纹沼螺带壳湿重生产量为: $5000.40\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$; P/B 系数为 4.5。

表 2 瞬时生长率法测算纹沼螺的周年生产量(去壳干重)

Tab. 2 Annual production ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ of dry weight shell free) of *P. striatulus* in Lake Biandantang, calculated by instantaneous growth method. G= instantaneous rate of growth, B_m = mean standing stock, P= production, TP= total production, for interval between successive dates

时 间	生物量	个体均重	G	月均生物量(B_m)	生产量(P)	生产量合计	P/B
Date	Biomass	Mean Wt.		Mean biomass	Production	Total production	
	($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)	(mg)		($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)	($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)	($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)	
19 May	3.04	0.04	1.9095	10.43	19.916	178.144	4.5
18 Jun.	17.82	0.27	1.086	30.51	33.134		
20 Jul.	43.2	0.80	0.7655	45.68	34.968		
21 Aug.	48.16	1.72	0.5955	52.16	31.061		
20 Sep.	56.16	3.12	0.4855	58.50	28.400		
16 Oct.	60.84	5.07	0.3956	53.01	20.971		
18 Nov.	45.18	7.53	0.4290	22.59	9.690		

2.4.3 Allen 曲线法 扁担塘纹沼螺的 Allen 曲线如图 6。

在此亦只测算纹沼螺 5—11 月的生产量。Allen 曲线测算的去壳干重周年生产量为 $174.50\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, P/B 系数为 4.4。由此,纹沼螺的带壳湿重 $4898.20\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$; P/B 系数为 4.4。

2.4.4 减员累计法 减员累计法亦只测算 5—11 月的生产量,由表 3 可知,减员累计法测算纹沼螺的周年生产量(去壳干重)为: $172.48\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$; P/B 系数为 4.4。由此,其带壳湿重周年生产量

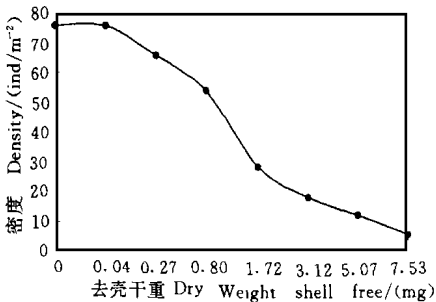


图 6 扁担塘纹沼螺的 Allen 曲线
Fig. 6 Allen curve used for annual production calculation of *P. striatulus* in Lake Biandantang

为: $4841.51\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$, P/B 系数亦为 4.4。

表 3 减员累计法测算纹沼螺的周年生产量

Tab. 3 Annual production ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ dry weight shell free) of *P. striatulus* in Lake Biandantang, calculated by removal summation method

时 间	密度	个体均重	生物量	减员个体数	减员个体均重	损失量
Date	Density	Mean wt.	Biomass	No. loss	Wt. at loss	Wt. loss
	($\text{No}\cdot\text{m}^{-2}$)	(mg)	($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)	($\text{No}\cdot\text{m}^{-2}$)	(mg)	($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)
19 May	76	0.04	3.04			
18 Jun.	66	0.27	17.82	10	0.155	1.55
20 Jul.	54	0.80	43.2	12	0.535	6.42
21 Aug.	28	1.72	48.16	26	1.260	32.76
20 Sep.	18	3.12	56.16	10	2.420	24.20
16 Oct.	12	5.07	60.84	6	4.095	24.57
18 Nov.	6	7.53	45.18	6	6.300	37.80
				6	7.530	45.18
P/B= 4.4			周年生产量 Annual production= 总损失量 Total weight loss= 172.48			

3 讨论

纹沼螺的生产量国内外尚无报道。其生活史为 1.5 年左右、P/B 系数平均为 4.4, 与 Waters^[5] 列举的 *Melania tuberculata*、*Corbicula africana*、*Bellamya unicolor*、*Planorbis vortex* 等螺类相比生活史相当, 生产量(去壳干重)相差不大, P/B 系数较一致。

4 种方法测算扁担塘纹沼螺的周年生产量几乎相同, 最大者与最小者相差不到 4%, 且 P/B 极为相似, 说明 4 种方法都可以比较准确测算底栖动物的生产量。这与 Waters、Benke^[6]、Pickard *et al.*^[7]、Georgian *et al.*^[8] 的结论相同。Benke 在对河流无脊椎动物的生产量的统计研究中, 发现在所有测算生产量的方法中体长频率法应用频率最高, 为 67.4%。同时, 他还驳斥了体长频率法精度不高的观点。

参考文献:

[1] 梁彦龄. 草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理(一)[M]. 北京: 科学出版社, 1995

[2] 陈其羽, 谢翠娴, 梁彦龄, 王士达. 望天湖底栖动物种群密度与季节变动的初步观察[J]. 海洋与湖沼, 1982, **13** (1): 78~ 86

[3] 陈其羽. 湖北省花马湖软体动物的调查报告[J]. 海洋与湖沼, 1979, **10**(1): 46~ 62

[4] Hunter, R. D. Growth, fecundity, and bioenergetics in three populations of *Lymanea palustris* in upstate New York [J]. *Ecology*, 1975, **56**: 56~ 63

[5] Waters, T. F. . Secondary Production in Inland Wtaers[J]. *Adv. Ecol. Res.*, 1977, **10**: 91~ 164

[6] Benke, A. C. Concept and pattem of invertebrate production in running waters. Verh. Internat[J]. *Verein. Limnol.*, 1993, **25**: 15~ 38

[7] Pickard, D. P. & A. C. Benke. Production dynamics of *Hyaella azteca* (Amphipoda) among different habitats in a small wetland in the southeastern USA[J]. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 1996, **15**(4): 537~ 550

[8] Georgian, T. & J. B. Wallace. Seasonal production dynamics in a guild of periphyton grazing insects in a southern Appalachian stream[J]. *Ecology*, 1983, **64**(5): 1236~ 1248

PRODUCTION OF GASTROPODS IN LAKE BIANDANTANG II. ANNUAL PRODUCTION OF *PARAFOSSARULUS STRIATULUS*

YAN Yur-jun, LIANG Yarr-ling and WANG Hong-zhu

(*Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072*)

Abstract: The production of *Parafossarulus striatulus* in Lake Biandantang was calculated by using four methods. The results were: 178.07 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ of dry weight shell-free or 4998.40 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ of wet weight with shell by size-frequency method; 174.5 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ of dry weight shell-free or 4898.20 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ of wet weight with shell by removal-summation method; 174.5 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ of dry weight shell-free or 4898.20 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ of wet weight with shell by Allen curve method; 178.14 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ of dry weight shell-free or 5000.40 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ of wet weight with shell by instantaneous growth method. The corresponding P/B ratios are 4.3, 4.4, 4.4, 4.5, respectively. Therefore, the results by the four methods are in well agreement, which might be of great significance in the estimation of invertebrate production.

Key words: Lake Biandantang; Gastropods; *Parafossarulus striatulus*; Production; P/B ratio