

扁担塘螺类生产力的研究*

I. 铜锈环棱螺的周年生产量

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 1996~1997 年对扁担塘螺类优势种之一铜锈环棱螺进行了周年研究, 结果表明其种群含四个年龄组, 其中 1996 年组生长最快, 其带壳湿重瞬时生长率为 4.15, 去壳干重瞬时生长率为 3.40。采用瞬时生长率法测算其周年生产量为: 带壳湿重, $15.77\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 去壳干重, $0.8624\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。P/B 系数基本一致, 分别为 0.50, 0.51。铜锈环棱螺的生产量的去壳干重 (W_d , $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 和带壳湿重 (W_w , $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 满足下列关系: $W_w = 17.20W_d$ 。

关键词 螺类, 铜锈环棱螺, 生产力, P/B 系数, 扁担塘

螺类通常是湖泊底栖动物优势类群^[1-4]。由于其现存量, 分布广, 在湖泊中不仅是青鱼等经济鱼类的优良天然饵料, 而且在湖泊物质循环和能量流动中起着极为重要的作用。国外有关螺类生产力的研究起步早, Waters^[5]在生态学研究进展中收录了 20 多种螺类的生产力, Carmouze 等^[6]。测定了单色环棱螺 (*Bellamya unicolor*) 的生产力。国内这方面的工作极少, 仅有陈其羽^[7]在半人工培养条件下测定东湖铜锈环棱螺 (*Bellamya aeruginosa*) 生产力的报道。国内其他学者在工作中多引用国外螺类数据计算生产力^[8], 这未必符合客观实际。作者于 1996 年 4 月至 1997 年 3 月对典型草型湖泊扁担塘的几种螺类铜锈环棱螺、纹沼螺、长角涵螺及圆扁螺等进行了逐月采集, 并采用瞬时生长率、体长频率 (Size-frequency) 及减员累计 (Removal-summation) 等方法测算了它们的生产力, 为较广泛了解我国湖泊螺类生产力的状况及合理利用这一资源提供数据和依据。同时, 为了渔业上的应用及便于与国内外作者进行比较, 计算了以去壳干重、带壳湿重计的生产力。

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报道^[9,10]。全湖共设 8 个采样点, 其中 I、VI 点设在莲区, II、III、IV 及 V 点位于湖心断面上的聚草区, VII、VIII 点为无草区 (图 1)。采样时间在 1996 年 4 月至 1997 年 3 月每月 20 日左右。

1.2 标本采集及处理 定量采集使用 $1/16\text{m}^2$ 改进 Petersen 采泥器, 每点一次, 个别两次, 泥样经 $167\mu\text{m}$ 的铜筛或纱网筛洗后, 置于解剖盘中分检, 标本用 10% 的福尔马林液固定。

* 国家自然科学基金 (39600019 和 39430101) 资助课题

1998-01-21 收到; 1999-05-28 修回。

1.3 体长-体重关系的测算 取 20 只不同大小的鲜活个体, 用游标卡尺(精度为 0.02mm)测定体长, 吸去壳表水分, 称湿重。去壳后, 置于 60℃ 烤箱烤至恒重, 在十万分之一的电子天平上称去壳干重。求得体长、体重(去壳干重、带壳湿重)之回归关系。

1.4 生产力的测算 计数、测量每月采样个体数量和体长, 结合上述回归方程计算个体干、湿重。采用瞬时生长率法测算铜锈环棱螺的生产力, 即 $P = G \times B_m$; $G = (\ln W_{n+1} - \ln W_n) / T$; $B_m = (W_{n+1} + W_n) / 2$ 。

其中, P : 生产量 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$); G : 瞬时生长率; B_m : 平均现存量 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$); W_n : 体重 (mg); T : 时间 (月)。

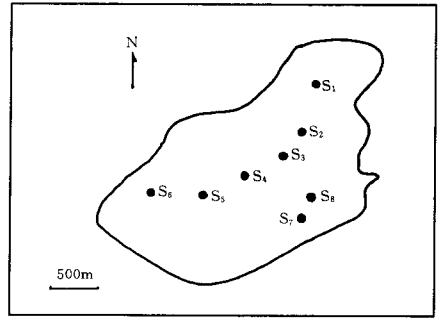


图1 扁担塘及采样点的分布图
Fig.1 Lake Biandantang and distribution of sampling sites

2 结果

2.1 种群动态

铜锈环棱螺从 5 月开始生殖, 7 月达到高潮, 因此夏季和初秋种群密度较大, 7 月出现峰值 ($40 \text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$), 7、8 月间种群下降迅速, 随后减缓, 种群趋于稳定。12 月份再次出现峰值, 这可能与铜锈环棱螺在湖心区域越冬有关。生物量无论是湿重还是去壳干重 4—7 月份都较大, 7 月份达到最大, 然后快速下降, 11 月份降至最小。与密度相似, 12 月份生物量亦出现次峰值, (图 2)。

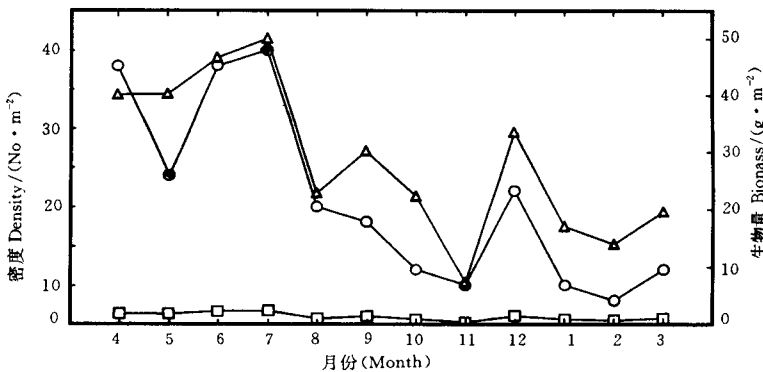


图2 扁担塘铜锈环棱螺现存量的周年动态
Fig.2 Annual dynamics of density and biomass of *B. aeruginosa* in Lake Biandantang.

○—○密度 △—△生物量1 □—□生物量2

2.2 生长及种群结构

根据体长频率分布划分年龄组^[10], 得到铜锈环棱螺的种群生长曲线。从图 3 可知, 扁担塘铜锈环棱螺种群由四个年龄组组成, 即 1996 年组 (I)、1995 年组 (II)、1994 (III) 年组及

少数 1993 年组 (IV) 的个体。1996 年组生长最快, 体长从 5 月份的 5.40mm 生长到一年后的 16.00mm, 其带壳湿重瞬时生长率为 4.15, 去壳干重瞬时生长率为 3.40。II 组生长较缓慢, III 组几乎为零生长。同时, 发现有极少数体长达 29.00mm 的个体, 推测是 IV 组残存的个别衰老者。从整个种群的组成看, II 组占 50% 以上, I 组仅占 20% 左右, III 组大约占 30%。这说明该种群 1996 年繁殖的个体较少。

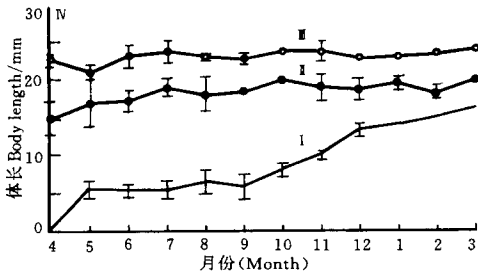


图3 扁担塘铜锈环棱螺的生长曲线

Fig.3 Growth curve of *B. aeruginosa* in Lake Biandantang

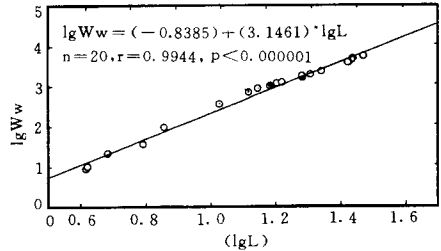


图4 扁担塘铜锈环棱螺体长(L:mm)和带壳湿重(Ww:mg)之关系

Fig.4 The Length-weight relationship of *B. aeruginosa* in Lake Biandantang, body weight is the wet weight with shell.

2.3 铜锈环棱螺的生产力

2.3.1 铜锈环棱螺体长体重关系及体干湿重关系 (图 4—6)。

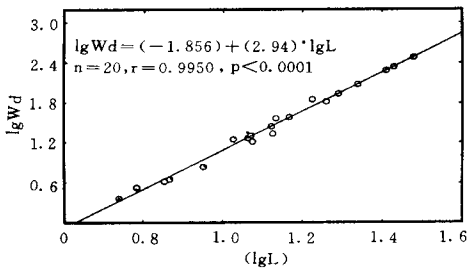


图5 扁担塘铜锈环棱螺体长(L:mm)和去壳干重(Wd:mg)之关系

Fig.5 The Length-weight relationship of *B. aeruginosa* in Lake Biandantang, body weight is the unshelled dry weight.

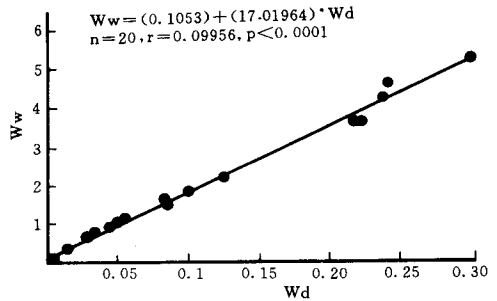


图6 扁担塘铜锈环棱螺带壳湿重(Ww:g)和去壳干重(Wd:g)之关系

Fig.6 Relationship between wet-weight (with shell) and dry-weight (without shell) of *B. aeruginosa* in Lake Biandantang.

2.3.2 铜锈环棱螺各年龄组的生产力 由于铜锈环棱螺个体较大, 取样面积有限, 存在一定采样误差, 为了减小误差对 I、II 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。III 组因拟合方程不显著, 使用直接数据估算。

II 组: $\ln L = 2.8147 + 0.015(T - 4)$ ($n = 11, r = 0.7470, p < 0.05$);

I 组: $\ln L = 1.3767 + 0.132(T - 5)$ ($n = 9, r = 0.9325, p < 0.001$); (T: 月份; L: 体长, mm)。

将 1—3 表中三个年龄组的生产量累加, 得 1996 年 4 月与 1997 年 3 月间扁担塘铜锈环

棱螺种群周年生产量, 带壳湿重为: $15771.9\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 或 $15.77\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 去壳干重为: $862.43\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 或 $0.8624\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。两者的 P/B 系数基本一致, 分别为 0.50, 0.51。从对该年生产量的贡献看, 带壳湿重中, I 组为 31%, II 组为 61%, III 组为 8%; 去壳干重中, I 组为 31%, II 组为 59%, III 组为 10%。IV 组仅残存个别个体, 生产量可忽略。

表1 扁担塘铜锈环棱螺I组的周年生产量

Tab.1 Annual production of I class of *B. aeruginosa* in Lake Biandantang

月 份		5	6	7	8	9	10	11	12	3
实测体长(mm)		5.40	5.30	5.37	6.51	5.87	8.11	10.05	15.31	16.24
估算体长(mm)		4.52	5.16	5.89	6.72	7.67	8.75	9.98	11.39	16.93
去壳干重	估算去壳干重(mg)	1.2	1.7	2.6	3.8	5.6	8.2	12.1	17.8	57.0
	平均生物量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	7.6	30.8	33.1	24.2	33.0	64.7	101.7	110.4	59.4
	瞬时增长率	0.38	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	1.17	0.39
	生产量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	2.9	12.0	12.9	9.4	12.9	25.2	39.6	129.2	23.2
	生产量合计($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	267.00								
	P/B系数	5.2								
带壳湿重	估算带壳湿重(mg)	16.7	25.3	38.4	58.1	88.1	133.4	201.8	305.8	1064.1
	平均生物量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	109.4	460.0	500.3	380.7	531.2	940.5	1724.5	1981.5	1097.5
	瞬时增长率	0.417	0.416	0.415	0.416	0.414	0.414	0.416	1.247	0.416
	生产量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	45.6	191.4	207.6	158.4	219.9	389.4	717.4	2470.9	456.6
	生产量合计($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	4857.1								
	P/B系数	6.6								

表2 扁担塘铜锈环棱螺II组的周年生产量

Tab.2 Annual production of II class of *B. aeruginosa* in Lake Biandantang

月 份		4	5	6	7	8	9	10	12	1	2	3
实测体长(mm)		14.93	16.90	17.17	18.95	18.04	18.39	20.02	18.63	19.56	18.23	19.89
估算体长(mm)		16.33	16.60	16.89	17.18	17.47	17.77	18.08	18.70	19.02	19.35	19.68
去壳干重	估算体重(mg)	51.3	53.8	56.7	59.6	62.6	65.8	69.2	76.4	80.3	88.8	88.8
	平均生物量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	1251.7	1223.8	1090.9	798.4	697.9	266.6	604.2	936.6	655.2	1353.8	1353.8
	瞬时增长率	0.048	0.051	0.050	0.049	0.050	0.051	0.099	0.050	0.051	0.049	0.049
	生产量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	60.1	62.4	54.6	39.1	34.9	13.6	59.8	46.8	33.4	66.3	66.3
	生产量合计($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	510.4										
	P/B系数	0.58										
带壳湿重	估算体重(mg)	949.9	1000	1056	1114.3	1175	1239	1309	1455	1535	1620	1767
	平均生物量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	20199	18731	18187	13854	13114	5026	11493	17858	12533	13693	24031
	瞬时增长率	0.052	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054
	生产量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	1050	1012	982.1	748.1	708.1	271.4	1241.2	964.3	676.8	739.4	1298
	生产量合计($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	9691.1										
	P/B系数	0.63										

2.3.3 去壳干与带壳湿重生产量参数的换算 经计算, 得扁担塘铜锈环棱螺的个体带壳湿

表3 扁担塘铜锈环棱螺III组的生产量

Tab.3 Annual production of III class of *B. aeruginosa* in Lake Biandantang

月 份		4	5	6	7	9	10	11	12	2
体 长(mm)		22.57	21.00	23.10	23.70	22.67	23.66	23.68	22.77	23.36
去壳干重	体重(mg)	132.9	107.5	142.2	153.4	134.6	152.6	153.0	136.4	147.0
	平均生物量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	828.5	856.6	1347.0	1458.6	996.2	610.9	425.7	419.7	
	瞬时增长率	-0.210	0.280	0.075	-0.131	0.126	0.002	-0.115	0.075	
	生产量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	-174.0	239.9	101.0	-191.1	125.5	1.2	-49.0	31.5	
	总生产量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	85.1								
	P/B系数	0.11								
带壳湿重	体重(mg)	2629.3	2095.7	2828.5	3066.2	2666.2	3049.9	3058.0	2703.3	2929.9
	平均生物量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	9983.6	10581.2	26882.7	29062.0	19814.5	12207.7	8464.6	8336.5	
	瞬时增长率	-0.23	0.30	0.08	-0.14	0.13	0.003	-0.12	0.08	
	生产量($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	-2296.2	3174.4	2150.6	-4068.7	2575.9	36.6	-1015.8	666.9	
	生产量合计($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$)	1223.7								
	P/B系数	0.08								

重与去壳干重的关系为:

$$Ww=0.1053+17.20Wd \quad (n=20, r=0.9956, p<0.0001)$$

上式斜率 17.20 实际上是湿重时个体带壳与去壳重量之比 (3.5:1) 与软体湿、干重之比 (4.9:1) 的乘积, 因此, 估计上式亦可用于湿、干生产量的换算。将实测结果代入上式, 得较好吻合, 误差仅为 5% 左右。因此, 在进行生产量换算时, 上式符号可改写为:

$$Ww(\text{带壳湿重, } \text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}) = 17.20Wd(\text{去壳干重, } \text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}).$$

3 讨论

关于铜锈环棱螺生长的报道较少。扁担塘铜锈环棱螺的种群结构与陈其羽等^[12]的自然种群相类似, 即分四个年龄组, 但各年龄组的平均体长存在差异, 这与湖泊中的生长条件有关。

分别计算去壳干重和带壳湿重的生产力既便于渔业上的应用又可与国内外作者的结果进行比较。扁担塘铜锈环棱螺的生产量 (带壳湿重, $15.77\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 与水果湖 ($554.358\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)、郭郑湖 ($308.988\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 的相比, 存在较大差异; P/B 系数则为水果湖 (1.09)、郭郑湖 (1.08) 的一半。这说明城郊湖泊铜锈环棱螺的生产力较天然湖泊的为高。扁担塘铜锈环棱螺的生活史为 3~4 年、周年生产量 (去壳干重) 为 $862.43\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, P/B 系数为 0.51, 与 Waters 列举的具有相同生活史的螺类比较一致。

参 考 文 献

- [1] 梁彦龄、吴天惠、谢志才。保安湖底栖动物形状及渔业评价。见:梁彦龄等主编, 草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理(一)。北京:科学出版社, 1995, 178—192
- [2] 梁彦龄、吴天惠、谢志才。西凉湖底栖动物及渔产潜力估算的初步研究。见:梁彦龄等主编, 草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理(一)。北京:科学出版社, 1995, 194—203
- [3] 陈其羽、谢翠娟、梁彦龄等。望天湖底栖动物种群密度与季节变动的初步观察。海洋与湖沼, 1982, 13(1): 78—

86

- [4] 陈其羽. 湖北省花马湖软体动物的调查报告. 海洋与湖沼, 1979, 10(1): 46—62
- [5] Waters T F. Secondary Production in Inland Waters. *Adv. Ecol. Res.*, 1977, 10: 91—164
- [6] Carmouze J P, Durand J R, Laeveque C. Lake Chad, The Hague / Boston / Lanster: Academic Publishers Group. 1983 385—428
- [7] 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—129
- [8] 吴天惠. 保安湖大型无脊椎动物现存量及渔业利用. 见: 胡传林等主编. 保安湖渔业生态和渔业开发技术研究文集. 北京: 科学出版社, 1991, 74—79
- [9] 官子和. 保安湖形态测量学参数及其在湖沼学上的意义. 见: 梁彦龄等主编. 草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理(一), 北京: 科学出版社. 1995, 3—15
- [10] 张水元, 刘瑞秋. 保安湖水化学特性及其动态. 见: 梁彦龄等主编. 草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理(一), 北京: 科学出版社, 1995, 23—47
- [11] Hunter, R. D. Growth, fecundity, and bioenergetics in three populations of *Lymnaea palustris* in upstate New York. *Ecology*, 1975, 56: 56—63
- [12] 陈其羽, 宋贵保. 铜锈环棱螺繁殖和生长的初步研究. 水生生物学报, 1975, 5(4): 519—534

PRODUCTION OF GASTROPODS IN LAKE BIANDANTANG

I. ANNUAL PRODUCTION OF *BELLAMYA AERUGINOSA*

Yan Yunjun, Liang Yanling and Wang Hongzhu

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan 430072)

Abstract An investigation on one of the dominant species of gastropods, *Bellamya aeruginosa* in Lake Biandantang was carried out from April, 1996 to March, 1997. The results showed that the population was composed of four year classes, among which the 1996 year class grew most quickly, with instantaneous growth rate of wet weight, 4.15 and that of dry weight (unshelled), 3.40. The annual production of the animal calculated by instantaneous growth rate method was: wet weight, $15771.9 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; dry weight (unshelled), $862.4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$. The corresponding annual P/B ratios were almost the same: 0.50, 0.51, respectively. Generally, relationship between wet weight (Ww, $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) and dry weight (Wd, $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) of production of *Bellamya aeruginosa* is expressed as: $Ww = 17.20 Wd$.

Key words Snail, *Bellamya aeruginosa*, Production, P/B ratio, Lake Biandantang