

文章编号: 1000- 0615(2002)01- 0028- 07

饵料密度对卜氏晶囊轮虫种群数量 变动和生产力的影响

周一兵, 张中尧, 刘 青, 郭鹤鲲, 金送笛

(大连水产学院农业部海洋水产增养殖生态学重点开放实验室, 辽宁 大连 116023)

摘要: 饵料密度实验表明, 在 28℃下, 当草履虫密度分别为 $100\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($77\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), $200\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($154\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), $300\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($231\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 和 $400\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($308\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 时, 卜氏晶囊轮虫在群体培养条件下的最大持续产量(MSY)、水体容纳量、种群增长期的平均生产量和增长率均以饵料密度 $300\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ 组为最高, 分别为: $6.4\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ($355\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$), $13.7\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($760.6\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), $55(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1})$ 和 $1.4496(\text{d}^{-1})$ 。实验结果还表明, 在饵料密度 $100\sim 300\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ 范围内, 种群的最大持续产量(MSY)、达到最大持续产量时的生物量(CSC)和达到 MSY 及容纳量的时间均随饵料密度增加而提高或延长。但是, 当饵料密度达到 $400\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时, 上述指标反而降低或缩短。以草履虫为饵时晶囊轮虫的日粮为 $146\%\sim 707\%$, 饵料系数 $19.8\sim 91.7$ 。

关键词: 卜氏晶囊轮虫; 生产量; 种群波动; 饵料密度

中图分类号: S963.21⁺4 文献标识码: A

The effect of food concentration on population fluctuation and productivity of *Asplanchna brightwelli*

ZHOU Yi-bing, ZHANG Zhong-yao, LIU Qing, GUO He-kun, JIN Song-di

(The Key Laboratory of Maricultural Ecology Certificated by the Ministry of Agriculture,

Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China)

Abstract: The influences of food concentration on population fluctuation and production of cannibalism, *Asplanchna brightwelli* were studied. It was found that, in the cumulative culture, the population dynamic of *A. brightwelli* fed on *Paramecium* of concentrations ranging from 100 to $400\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ displayed typical "s" curves in the course of the experiment, and the relationship between the population persistence production and standing crop were conic function. With reference to food density experiments, there were the highest value of maximum sustained yield(MSY), capacity (K), average production or intrinsic rates of increase of population under $300\text{Paramecium}\cdot\text{mL}^{-1}$ in the whole diet concentration, which were $6.4\text{indiv}\cdot\text{mL}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ($355\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), $13.7\text{ind}\cdot\text{L}^{-1}$ ($760.6\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), $55\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and $1.4496(\text{d}^{-1})$ respectively. In the range of $100\sim 300\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$, the MSY, critical standing crops and the time arrival to MSY or K increased with increment of diet concentration, whereas the above mentioned indexes decreased in $400\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ of food density. Fed on *Paramecium*, the value of food ration of rotifers changed $146\%\sim 707\%$ of body weight, with average 390% ; food coefficient was 19.8

收稿日期: 2001-05-24

基金项目: 辽宁省科学技术基金项目资助(9810100301)

作者简介: 周一兵(1957-), 男, 江苏徐州人, 教授, 主要从事水产养殖生态学 research. E-mail: ybzhou@mail.dlutt.ln.cn

- 91. 7.

Key words: *Asplanchna brightwelli*; production; population fluctuation; food concentration

晶囊轮虫属于世界性种类, 广泛分布于淡水湖泊和池塘。其在养鱼池清塘后的浮游生物演替中常成为优势种群, 并大量捕食其它轮虫。虽然, 晶囊轮虫的发生会终止滤食性轮虫的高峰期的持续, 但因其个体大、无被甲、寡敌害, 一旦出现易形成优势种群, 所以有可能作为室内外规模培养的饵料浮游动物。本文报道了饵料密度对卜氏晶囊轮虫种群增长和生产量的影响, 为其渔业利用和防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

轮虫休眠卵采自辽宁省盘锦地区池塘, 经实验室浮选、分离并在 25℃ 恒温箱中孵化; 经分离、培养, 并鉴定为卜氏晶囊轮虫(*Asplanchna brightwelli*)^[1]。

选用草履虫(*Paramecium*)作为轮虫的饵料, 其采自池塘和水沟中, 经实验室分离和培养, 备用。

1.2 实验方法

1.2.1 种群累积培养实验

以草履虫为饵, 实验分为四组, 饵料密度分别为 A 组 100 cell·mL⁻¹ (77mg·L⁻¹)、B 组 200 cell·mL⁻¹ (154mg·L⁻¹)、C 组 300 cell·mL⁻¹ (231mg·L⁻¹)、D 组 400 cell·mL⁻¹ (308mg·L⁻¹)。各组均设一重复组。用容量为 400mL 烧杯, 盛水 300 mL, 每个烧杯放 300 个轮虫, 作为起始种群。将四组同时放入玻璃缸水浴 28℃ 下恒温培养。实验天数为 5 天。

每隔 4h 测定草履虫密度, 并将其调至实验所要求的密度; 同时测定轮虫种群的密度。

1.2.2 生产量的计算方法

对各饵料密度下轮虫种群数量随时间变化的数据列 $N^{(0)}$ 进行一次累加处理, 从而得到其生成序列 $N^{(1)}$, 采用 Logistic 方程对其进行拟合, 以此计算种群的增长率 r 值^[2], 轮虫种群在时间 t 时的增长率或持续产量可记为:

$$dN^{(0)}(t)/dt = dN^{(1)}(t)/dt - dN^{(1)}(t-1)/dt$$

由此, 可得到种群最大持续产量 (MSY)、种群达到最大持续产量的临界生物量 (critical standing crops, CSC) 和时间; 并根据 $\sum dN^{(0)}(t)/dt$ 计算种群在增长期的生产量。

1.2.3 日粮和饵料系数的计算

对应于 A、B、C 和 D 组, 分别设置空白对照组 a、b、c 和 d 组 (相应的草履虫起始密度相同, 但不放入轮虫)。每隔 4h 分别测定实验组和对照组草履虫密度。根据草履虫在实验期间的增殖, 利用 Gauld^[3] 的改进公式计算轮虫的摄食率。

根据体积法^[4] 分别测定草履虫和卜氏晶囊轮虫的体重 (W_r) (平均湿重), 卜氏晶囊轮虫成体单位体重为: 55.52 μ g, 幼体为: 5.4 μ g; 草履虫为: 0.77 μ g。根据卜氏晶囊轮虫每天所食草履虫的重量 (W_p) 和卜氏晶囊轮虫种群每天增重量 (ΔW_r), 分别计算日粮和饵料系数:

$$\text{日粮}(\%) = [W_p / W_r] \times 100$$

$$\text{饵料系数} = W_p / \Delta W_r$$

2 结果

2.1 不同密度下种群增长及其变动规律

由图 1 可见, 当 28℃ 时, 晶囊轮虫种群在不同饵料密度下的变动特征。其中, C 组的种群密度最高,

峰值可达 $13.7 \text{ ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($760.6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$); A 组种群密度最低, 约为 $8 \text{ ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($444 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$); 其余 B、D 两组相近, 分别为 $9.9 \text{ ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($549.6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 和 $10.3 \text{ ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($571.9 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)。

根据图 1 数据进行单因素方差分析表明, 各饵料组轮虫数量变化差异极显著 ($F = 5.447, P < 0.001$); 采用 Tukey 和 Bonferroni 法进行均值多重比较的结果表明: C 组与 A 组之间存在极显著性差异 ($P < 0.001$)。

将上述消长曲线分别作一次累加序列, 则种群累积数量随时间均呈“S”型曲线(图 2), 利用 logistic 模型进行拟合, 解得卜氏晶囊轮虫在不同饵料密度下的增长参数和 r 值, 如表 1。由表 1 可见, r 值以饵料密度 C 组最高, D 组和 B 组次之, A 组最低。

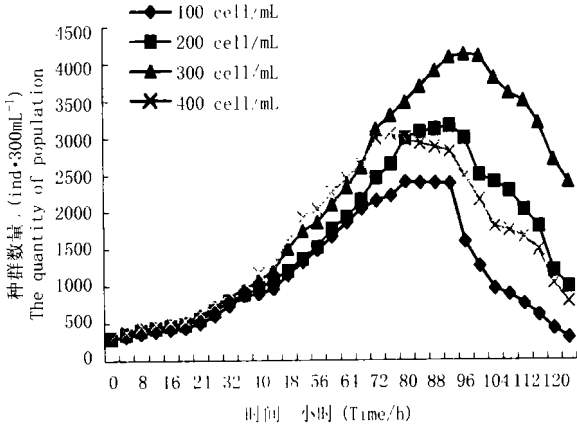


图 1 不同饵料密度下轮虫种群的消长

Fig. 1 Fluctuation of *A. brightwelli* population in different food concentration

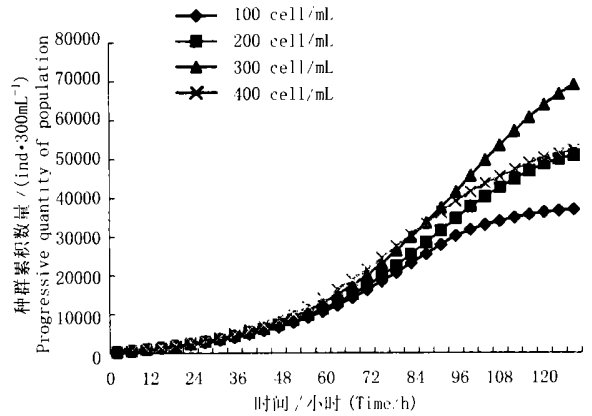


图 2 不同饵料密度下晶囊轮虫的种群增长曲线

Fig. 2 Population increment of *A. brightwelli* in different food concentration

表 1 晶囊轮虫在不同饵料密度下种群 Logistic 增长参数^{1、④}

Tab. 1 Population Logistic increment parameter of *Asplanchna brightwelli* in different food concentrations

饵料密度 food concentrations ($\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}$)	a	r (h^{-1})	K ($\text{ind}\cdot 300\text{mL}^{-1}$)	R^2	F	Sinf.
100	4.225 5	0.056 9	39 000	0.997	1 1569.2	0.000
200	4.394 4	0.059 9	52 000	0.981	1 510.60	0.000
300	4.695 9	0.060 4	70 000	0.971	998.99	0.000
400	4.394 4	0.059 5	54 000	0.990	3 113.00	0.000

注: ¹ $N = K / (1 + e^{a - rt})$; ^④ a : 方程参数; r : 瞬时增长率; K : 容纳量; R^2 : 判定系数; F : 组间均方与组内均方的比值; Sinf: 显著水平。

Notes: ¹ $N = K / (1 + e^{a - rt})$; ^④ a : formula parameter; r : instantaneous increase rate; K : capacity; R^2 : adjusted coefficient; F : the ratio of mean square between groups to mean square within group; Sinf: significant level.

2.2 不同食物密度下种群的生产量

图 3 表明, 种群在增长期的瞬时增长率或持续产量 ($dN / dt, \text{ind}\cdot\text{h}^{-1}$) 随种群数量增加呈二次曲线规律, 两者的关系如表 2。

根据图 3 中数据进行单因素方差分析, 结果表明各饵料组种群增长率或持续产量之间差异极显著 ($F = 3.607, P < 0.001$); 多重比较结果表明, C 组与 A 组、C 组和 B 组间分别存在极显著差异 ($P < 0.001$) 和显著差异 ($P < 0.05$)。

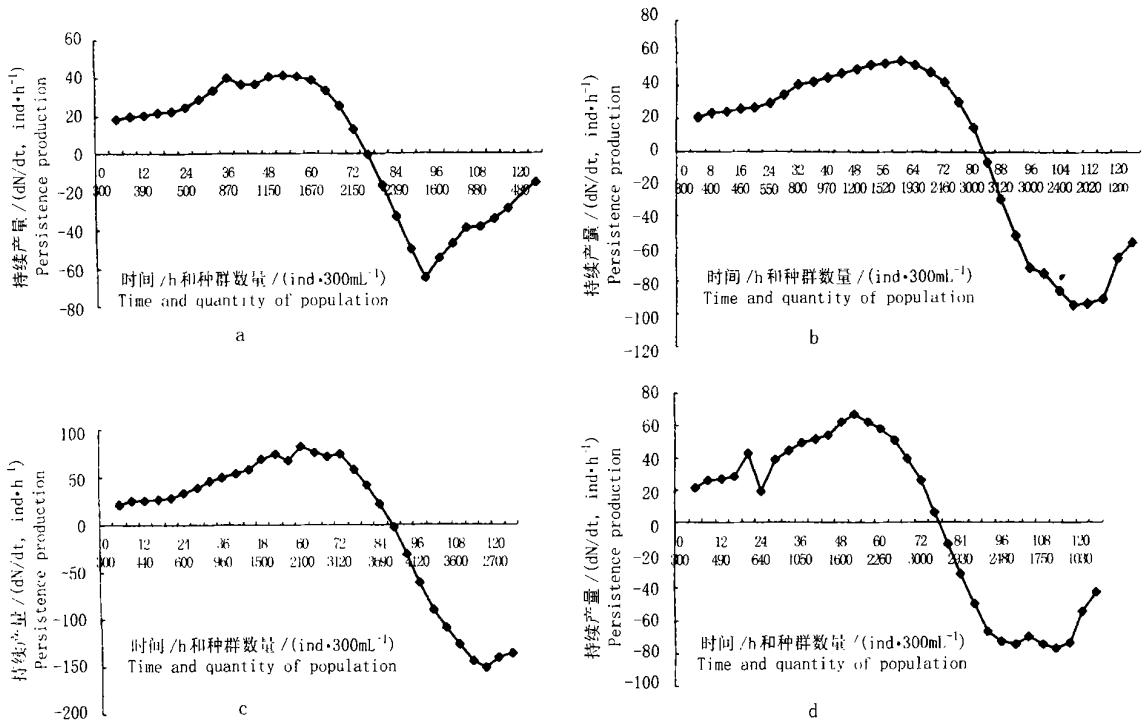


图3 晶囊轮虫种群在不同饵料密度下的持续产量 (dN/dt , ind/h)

Fig.3 The sustained yield of *A. brightwellii* in different food concentration

- a. 饵料密度 (food concentration): $100\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$
- b. 饵料密度 (food concentration): $200\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$
- c. 饵料密度 (food concentration): $300\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$
- d. 饵料密度 (food concentration): $400\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$

表2 不同饵料密度下晶囊轮虫在增长期持续产量 (dN/dt , $\text{ind}\cdot\text{h}^{-1}$) 与种群数量 (N , ind) 的关系^{1、④}

Tab.2 The relationship of persistence production (dN/dt , $\text{ind}\cdot\text{h}^{-1}$) of *A. brightwellii* with population number (N , ind) during increment in different food concentrations

饵料密度 food concentrations ($\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}$)	R^2	F	Sinf.	b_0	b_1	b_2
100	0.9239	97.08	0.000	- 7.0921	0.0823	- 3E- 5
200	0.9669	262.64	0.000	- 4.1433	0.0748	- 2E- 5
300	0.9217	111.89	0.000	- 10.33	0.0848	- 2E- 5
400	0.7960	33.15	0.000	- 13.197	0.0936	- 3E- 5

注: ¹ $dN/dt = b_0 + b_1N + b_2N^2$; ^④ R^2 : 判定系数; F : 组间均方与组内均方的比值; Sinf: 显著水平; b_0, b_1, b_2 : 方程的常数项。

Notes ¹ $dN/dt = b_0 + b_1N + b_2N^2$; ^④ R^2 : adjusted coefficient; F : the ratio of mean square between groups and mean square within group; Sinf: significant level; b_0, b_1, b_2 : formula constant.

由表2得出在不同饵料密度下的种群最大持续产量(MSY)、达到最大持续产量的临界生物量(CSC)和水体容纳量(K),如图4。它们的变化与r的变化是一致的,即均以C组最高。在此条件下, $MSY = 6.4\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ($355\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$), $CSC = 7.1\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($394\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), $K = 13.7\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($760.6\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$); K约为CSC的2倍左右。种群达到最大持续产量的时间亦如同上述规律:即随着饵料密度由 $100\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$ 增加到 $400\text{cell}\cdot\text{mL}^{-1}$, 达到最大持续产量的时间分别为43.3h、48.5h、54.5h和43.5h。

根据图3中的数据,由表3可见,当28℃时,在不同饵料密度下,晶囊轮虫在种群增长期间的生产量,亦以C组最高,D组和B组次之,A组最低。此外,P/B值也以C组最高(表3)。

表3 不同饵料密度下晶囊轮虫在种群增长期间的生产量

Tab.3 The sum of production of *A. brightwelli* in different food concentrations in the increment period

饵料密度 food concentrations		初始生物量 initial biomass		生产量 production				平均生物量 average biomass		P/B
(ind· mL ⁻¹)	(mg· L ⁻¹)	(ind· mL ⁻¹)	(mg· L ⁻¹)	试验期间 the course of experiment (ind·mL ⁻¹)	试验期间 the course of experiment (mg·L ⁻¹)	(ind·mL ⁻¹ ·d ⁻¹)	(mg·L ⁻¹ ·d ⁻¹)	(ind· mL ⁻¹)	(mg· L ⁻¹)	(d ⁻¹)
100	77	1	55.52	1.8	99.94	0.58	32.2	0.85	47.19	0.682
200	154	1	55.52	2.5	138.8	0.72	39.97	1.06	58.85	0.679
300	231	1	55.52	3.5	194.32	0.99	54.96	1.33	73.84	0.744
400	308	1	55.52	2.4	133.25	0.73	40.53	1.21	67.18	0.603

2.3 不同饵料密度下晶囊轮虫的日粮

从表4可见, 卜氏晶囊轮虫的日粮和饵料系数均随着饵料密度增加而升高。并且, 从C组到D组, 两者已有较大幅度升高。

表4 不同饵料密度下晶囊轮虫的摄食率和日粮

Tab.4 Feeding rate and the daily consumption expressed in relation to the body weight of

A. brightwelli in different food concentration of *Paramecium*

饵料密度 food concentration (ind·mL ⁻¹)	日摄食量 (cell·d ⁻¹ ·ind ⁻¹)	日摄食量 (μg·d ⁻¹ ·ind ⁻¹)	日粮 body weight of rotifer (%)	日增重量 (μg·d ⁻¹ ·ind ⁻¹)	饵料系数 food coefficient
100	105	80.85	146	7.37	19.8
200	210	161.7	291	7.76	37.5
300	300	231	416	7.83	53.1
400	510	392.7	707	7.71	91.7

3 讨论

3.1 饵料密度与种群的生产量

根据饵料密度实验, 用 logistic 模型所模拟的轮虫种群增长和生产规律与实际种群生长、繁殖和死亡动态较为符合, 它既可作为营养和环境因素影响的理论研究指标, 又可作为调控种群增长和生产的依据。在群体培养条件下, 晶囊轮虫种群增长率或持续产量的一般规律表现出了典型的4个时期, 即诱发期、指数增长期、平衡期和减数期(图3)。实验结果表明, 虽然种群的MSY、CSC和处于指数增长期和平衡期的生产量均随饵料密度增加而升高, 但是, 当饵料密度从300 cell·mL⁻¹到400 cell·mL⁻¹时, 上述指标反而降低或缩短(表5)。因此, 可以认为在该实验条件下, 对于种群的增长率和生产力, 饵料的最佳密度是300 cell·mL⁻¹(231mg·L⁻¹)。

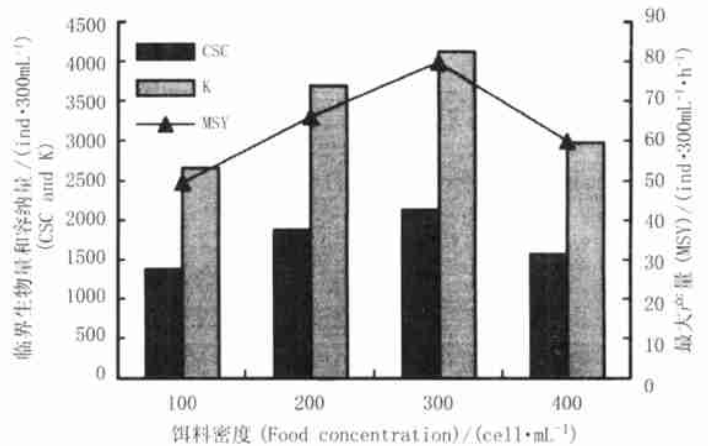


图4 不同饵料密度下轮虫的最大产量、临界生物量和容量
Fig.4 Maximum production, CSC, and capacity of rotifer population in different food concentration

表 5 在不同饵料密度下晶囊轮虫种群培养期间的生产量和持续时间

Tab. 5 The production and duration in different period of rotifer population in different food concentration

饵料密度 food concentration (ind· mL ⁻¹)	诱发期 the period of inducement		指数增长期 the period of exponent increment				平衡期 the balance period			减速期 the decrease period	
	持续 时间 ¹ (h)	产量④ (ind/ 300mL)	持续 时间 ¹ (h)	产量④ (ind/ 300mL)	MSY (ind/ 300mL)	达到 MSY 的时间 ^(四) (h)	持续 时间 ¹ (h)	产量④ (ind/ 300mL)	达到容纳量 的时间 ^{1/4} (h)	持续 时间 (h) ¹	产量 (ind/ 300mL) ④
100	24	128.02	34	338.49	41.8	43.3	16	71.76	76	48	- 445.75
200	24	149.87	40	475.1	58.4	48.5	20	135.45	84	40	- 668.87
300	24	160.36	40	611.63	77.2	54.5	24	264.68	88	36	- 99.52
400	24	168.17	32	373.11	60.0	43.5	24	183.96	80	44	- 701.13

注: ¹ 诱发期, 增长期、平衡期和减速期; ④产量; ^(四) 达到 MSY 的时间; ^{1/4} 达到容纳量的时间。

Notes: ¹ Duration of inducement, increment, balance, or decrease; ④Production; ^(四)The time attainment to MSY; ^{1/4} The time attainment to carrying capacity.

3.2 卜氏晶囊轮虫的日粮与饵料密度

根据饵料实验, 卜氏晶囊轮虫以草履虫为饵时, 日粮为 146%~707%, 摄食强度随饵料密度增加而升高。大多数水生动物, 当食物达到饱和密度后, 食量即保持稳定。例如, 滤食性枝角类滤食浮游藻类的饱和密度多在 4.5~15mg·L⁻¹ 之间; 捕食性的剑水蚤当食物密度超过 6~8 mg·L⁻¹ 时, 即使食物数量继续增高, 日粮的变化也很少^[5]。与上述情况比较, 本实验卜氏晶囊轮虫尽管饵料密度达 77~308 mg·L⁻¹, 日粮仍随饵料密度而升高, 似乎没有饱和密度。这种情况首先应从晶囊轮虫摄食行为特点加以分析。据 Gilbert 的材料^[6], 晶囊轮虫当其头冠碰到食物时才出现捕食行为。当捕食动作开始时, 以其头冠朝向食粒, 使口对准之, 并张口, 头冠肌肉收缩使头冠缩小、拉长, 引诱食物进入咀嚼器, 弄碎后食之。有时可将咀嚼器伸出口外捕食。如果食粒不是碰到头冠而是碰到身体其它部分, 则不会有上述动作。看来晶囊轮虫的觅食器官只限于头冠^[7], 其摄食形式类似探食动物。因而, 晶囊轮虫的摄食强度受食物密度的影响特别大, 因为食物密度越大, 与头冠碰触的几率就越大, 摄食频率和摄食量则越高, 这可能是本实验中日粮随食物密度增高的一个原因。这样高的食物密度亦常见于养鱼池中, 据报道, 在清塘后的浮游动物演替中, 晶囊轮虫出现时臂尾轮虫的生物量最高可达 174.72mg·L⁻¹^[8]。其次, 浮游动物在人工培养、食物密度极高的条件下, 可能出现过量摄食现象, 这时日粮远超过生理需要, 大量食物未消化而排出, 食物利用效率很低。一般情况下, 轮虫和枝角类当食物未受限制时, 日粮多在 50%~100% 之间, 而本实验中, 晶囊轮虫日粮远高于此值, 也应当是过量摄食所致。其它轮虫在人工培养下也有出现极高日粮的情况, 如萼花臂尾轮虫 (*B. calycifrus*) 在不同食物密度下日粮变动于 21%~572%^[9-11]; 褶皱臂尾轮虫 (*B. plicatilis*) 也可达 530%^[12]; 红臂尾轮虫 (*B. rubens*) 以 *Chorella vulgaris* 为食时, 日粮为 360%^[13]; 而壶状臂尾轮虫 (*B. urceolaris*) 滤食单胞藻的日粮可高达 800%^[14]。在本实验中, A 组的日粮达 146%, 已能满足生理需要, 此时饵料系数最低。此后, 随着食物密度增高, 食物可得性增大, 摄入能量也增多, 因而种群生产力增高, 同时因消化率降低, 饵料系数增大。但当食物密度从 231 mg·L⁻¹ 增加到 308 mg·L⁻¹ 时, 不仅饵料系数剧增, 种群增长指标也降低, 这种情况除了过量摄食外, 可能与氧气情况恶化和代谢产物的积累有关。

3.3 卜氏晶囊轮虫种群动态与其它饵料动物的比较

由图 3-c 可得, 在 C 组条件下, 当引种量为 1ind·mL⁻¹ (55.52mg·L⁻¹) 时, 种群的最佳采收时间是 54.5h, 此时, 种群具有最大持续产量 6.4 ind·mL⁻¹·d⁻¹ (355mg·L⁻¹·d⁻¹), 提供此收获量的采收密度为 7 ind·mL⁻¹ (388.6mg·L⁻¹)。从 A-D 四个组看, 种群增长率 (*r*) 在 1.3656~1.4496(d⁻¹) 之间; 各组日 P/B 值为 0.603~0.744, 日 P/B 值虽略低于萼花臂尾轮虫 (1.3) 和红臂尾轮虫 (1.26~3.1) 的培养种群^[15], 但 *r* 值和 P/B 值都远高于直额裸腹蚤、大型蚤和蒙古裸腹蚤^[16]。可见通过进一步研究其大量培

养方法和对海水盐度的适应能力,卜氏晶囊轮虫作为鱼虾类活饵是很有前途的。

本文承何志辉教授悉心指导,在此深表谢忱。

参考文献:

- [1] Wang J J. Freshwater Rotifer records of China[M]. Beijing: Science Press, 1961. 148- 149. [王家楫. 中国淡水轮虫志[M]. 北京: 科学出版社, 1961. 148- 149.]
- [2] Ni Y. Application of gray systematic theory in population increase modeling[J]. J Ecol, 1987, 6(5): 56- 59. [倪 焱. 灰色系统理论在种群增长建模中的应用[J]. 生态学杂志, 1987, 6(5):56- 59.]
- [3] Gauld D T. The grazing rate of planktonic copepod[J]. J Mar Boil Ass U K, 1951, 31, 416- 474.
- [4] Zhang Z S, Huang X F. The research method of freshwater plankton ecology [M]. Beijing: Science Press, 1991. 362- 367. [章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物学研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 362- 367.]
- [5] He Z H. Freshwater biology[M]. Beijing: Agriculture Press, 1985. 81- 106. [何志辉. 淡水生物学[M]. 北京: 农业出版社, 1985. 81- 106.]
- [6] Giobert J J. Control of feeding behavior and selective cannibalism in the rotifer *Asplanchna* [J]. Freshwater Biol, 1977, 7: 337- 341.
- [7] Pourriot R. Recherches sur l'ecologie des rotiferes[J]. Vie Milieu, 1965, 21(Suppl.): 224.
- [8] LI Y H. Freshwater biology[M]. Beijing: Higher education Press, 1993, 222- 264. [李永函. 淡水生物学[M]. 北京: 高教出版社, 1993. 222- 264.]
- [9] Galkovskaya G A. Utilisation of food for growth and conditions for maximum production of the rotifer *B. calyciflorus* Pallas[J]. Zool Zh, 1965, 42, 4: 506- 512.
- [10] Halbach U, Halbach K. Quantitative Beziehungen zwischen Phytoplankton und der Populationsdynamik des Rotators *B. calyciflorus* Pallas. Befunde aus Laboratoriums experimenten and Freilanduntersuchungen[J]. Arch Hydrobiol, 1974, 73: 273- 309.
- [11] . . . 淡水渔业 Hydrobiology[M]. Moscow: Food Industry Press, 1980. 69- 74.
- [12] Doohan M. An energy budget for adult *B. plicatilis* Muller (Rotatoria)[J]. Oecologia Berl, 1973, 13, 351- 362.
- [13] Joanna P. Ecø-physiological studies on *B. rubens* Ehrbg (rotatoria) iv. food selectivity and feeding rate[J]. Polskie archiwum hydrobiologii. 1977, 24(3): 319- 328.
- [14] Eman L A. Feeding habits of rotifera from the quantitative aspect[J]. Zool Zh Mosk, 1956, 35: 965- 971.
- [15] Zhang J M, He Z H. The investigation handbook of inland water fishery nature resources[M]. Beijing: Agriculture Press, 1991. 37- 39. [张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 37- 39.]
- [16] He Z H, Wang Y, Cui H, et al. Studies on the mass culture of *Moina mongolica* in seawater[J]. J Fish China. 1998, 22 (suppl.): 17- 23. [何志辉, 王 岩, 崔 红, 等. 海水中大量培养蒙古裸腹蚤的研究[J]. 水产学报, 1998, 22 (增刊): 17- 23.]

下期论文摘要

栉孔扇贝一种球形病毒的分离纯化及其超微结构观察

王崇明¹, 王秀华¹, 宋晓玲¹, 黄 1, 宋微波²

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071;

2. 青岛海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 对患病和濒死的栉孔扇贝消化腺、肾和肠进行超薄切片及电镜观察, 在上述组织细胞质内发现大量的球形病毒粒子。该病毒粒子具有囊膜, 完整的病毒粒子直径为 130~ 170nm, 核衣壳直径为 90~ 140nm。细胞内未发现包涵体存在。经组织匀浆、差速离心和密度梯度离心, 分离纯化出的病毒粒子与超薄切片的病毒粒子形态一致、大小相近, 且可观察到病毒囊膜表面覆有的囊膜纤突。采用相同的提纯方法, 在健康扇贝组织中未分离纯化出该病毒粒子, 提示这种球形病毒可能为栉孔扇贝大规模死亡的致病病原。

关键词: 栉孔扇贝; 非包涵体球形病毒; 分离纯化; 电镜观察