

两品系蒙古裸腹蚤种群补偿生长及适宜食物密度

赵 文,徐宪仲,周玉莹,何志辉

(大连水产学院辽宁省省级高校水生生物学重点实验室,大连 116023)

摘要:研究了两品系蒙古裸腹蚤(晋南品系和内蒙品系)继饥饿后的补偿生长及其生长发育的适宜食物密度。结果表明,两品系蒙古裸腹蚤生长发育的最适食物——海水小球藻密度均为 $250 \times 10^4/\text{mL}$ 。对两品系蒙古裸腹蚤而言,饥饿 0.5d 的蒙古裸腹蚤有全补偿生长,饥饿 1~2d 有部分补偿生长现象,饥饿超过 3d 已没有补偿生长。可以认为,蒙古裸腹蚤仅在短时间饥饿时有补偿生长现象的发生。

关键词:地理品系;蒙古裸腹蚤;饥饿;补偿生长;适宜食物密度

文章编号:1000-0933(2005)08-2103-06 **中图分类号:**Q959.223+ **文献标识码:**A

The compensatory growth following starvation and optimum food density in two strains of *Moina mongolica* Daday (Cladocera: Moinidae)

ZHAO Wen, XU Xian-Zhong, ZHOU Yu-Ying, HE Zhi-Hui (Key Lab. of Hydrobiology in Liaoning Province, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 2103~2108.

Abstract: Two experiments were conducted in order to determine the optimum food density of *Moina mongolica* and to clarify *M. mongolica* have or not the phenomenon of compensatory growth. The test animals were two strains of *Moina mongolica* (Jinnan strain and Neimeng strain) in this study. Jinan strain of *M. mongolica* was collected from Lake Xiaochi in south of Shanxi Province in 1982; Neimeng strain of *M. mongolica* was collected from Lake Zhagesitai in Inner Mongolia in 2002. Laboratory-reared *M. mongolica* juveniles (age was less than 2h) obtained from parthenogenetic females were used for the experiment of; a monoculture of *Chlorella pyrenoidesa* (in exponential phase of growth) was offered as food for *M. mongolica*, aerated and Nucleopore-filtered sea water (FSW) of salinity 32~33 with the required volume of distilled water, and culture water was changed every two days. All the experiment were conducted at temperature $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ and light intensity 2000~3000 lx. A photoperiod of 14h light:10h dark was maintained for culturing and testing.

The effects of food densities (*C. pyrenoidesa*, 0, 0.1×10^4 , 0.5×10^4 , 1×10^4 , 5×10^4 , 30×10^4 , 100×10^4 , 150×10^4 , 250×10^4 , $300 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$) on body length, heart-throb, reproduction, life span and intrinsic rate of increase of two strains *M. mongolica* were studied in Experiment 1. Results indicated that the optimum food density for growth and reproduction of two strains of *M. mongolica* was $250 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$.

The compensatory growth of two stains of *M. mongolica* following different periods of starvation (i.e. 0.5, 1, 2, 3, 4 and 5 d) was studied in experiment 2. The results indicated that *M. mongolica* have completely compensatory growth effects in recover feeding following 0.5d starvation, while those prexiously starved 1~2 d and 3 d, have partially and no compensatory growth capacities, respectively, after refeeding.

Key words: geographical strains; *Moina mongolica*; starvation; compensatory growth; optimum food density

动物经一段饥饿恢复正常摄食后所表现出的超常生长(即补偿生长)已成为当前水产动物生理和生态研究的热点之一,在鱼类、贝类、虾类等经济动物中已积累了一定资料^[1~3],但在枝角类和其他浮游动物中,补偿生长现象尚未引起注意。蒙古裸腹

基金项目:辽宁省自然科学基金资助项目(20022100)

收稿日期:2004-09-29;修订日期:2005-04-11

作者简介:赵文(1963~),男,吉林农安人,博士,教授,主要从事水生生物学、水产养殖学教学与科研工作。E-mail: zhaowen@dlfu.edu.cn

Foundation item: Natural Science Foundation of Liaoning Province (No. 20022100)

Received date: 2004-09-29; Accepted date: 2005-04-11

Biography: ZHAO Wen, Ph. D., Professor, mainly engaged in hydrobiology and aquaculture. E-mail: zhaowen@dlfu.edu.cn

蚤(*Moina mongolica*)是何志辉于1982年从晋南发现的我国枝角类新纪录,驯养于海水后对其生物学和生态学作了大量的试验研究^[4];笔者于2002年又在内蒙采到该蚤,也成功地驯养于海水。本文在先前工作的基础上,系统地研究了在饥饿和不同食物密度下,这两个品系的蒙古裸腹蚤的生殖、寿命和种群增长率指标并进而探讨枝角类是否具有补偿生长现象。

1 材料和方法

试验动物为蒙古裸腹蚤的两个品系,其中晋南品系源于1982年晋南地区半咸水湖硝池,内蒙品系系2002年采自内蒙古锡林郭勒盟扎格斯台淖尔。所用海水取自大连黑石礁近岸,并经沉淀和沙滤处理,海水使用前经300目(孔径35μm)的尼龙筛绢网过滤,然后煮沸2 min消毒。用作海水培养液时进一步经过0.2μm的醋酸纤维滤膜过滤,过滤过程在无菌条件下操作,用抽滤器抽滤两遍。

试验用蚤一律培养在恒温水族箱中,温度控制在25±0.5℃,光照为2000~3000lx,海水盐度为32~33。为了减少因遗传因素造成的个体差异,首先进行同步蚤的培养,取1只怀卵母蚤,用经筛绢网过滤后的海水进行培养,以海水小球藻作为食物,食物密度为250×10⁴/mL,每天早晚各观察和投喂1次,吸掉水中杂质,用淡水补充蒸发掉的培养液,当产卵后,吸出雌蚤,然后对幼蚤进行同方式的培养,直到产出的幼蚤数目达到正式试验所需的数目为止。在培养过程中,每2d换1次水。

1.1 不同食物密度对两品系蒙古裸腹蚤生长和生殖的影响

依据不同的食物投喂密度,设置10个梯度组,即食物(小球藻)密度为0(全饥饿组)、0.1×10⁴/mL、0.5×10⁴/mL、1×10⁴/mL、5×10⁴/mL、30×10⁴/mL、100×10⁴/mL、150×10⁴/mL、250×10⁴/mL和300×10⁴/mL。每个梯度设5个重复,用250mL的烧杯装入100mL的消毒过滤海水,然后放入10只同步幼蚤,每天早晚各观察1次,记录死亡、产卵数,吸出产出的幼蚤,水中杂质和蜕皮,同时补足培养液,补足饵料,每2d换1次水,每2d测量1次体长和心搏率。

1.2 两品系蒙古裸腹蚤在不同饥饿时间后恢复投喂的补偿生长试验

先对幼蚤用消毒过滤海水进行全饥饿培养,然后恢复投喂,依据全饥饿的时间分为6个梯度组,依次为饥饿0.5、1、2、3、4、5d的处理组和正常投喂的对照组。每组各设5个重复。用250mL的烧杯做培养容器,加入100mL的培养液,放10只幼蚤。恢复投喂时的饵料密度为250/mL的小球藻。早晚观察记录死亡、产卵数,吸出死蚤、幼蚤、杂质、蜕皮,补足培养液,每2d测量1次体长,心搏率,每2d换1次水。

观测项目除体长、心搏率外还包括平均寿命、产幼前发育期、生殖量、总生殖量、生殖频率(每10d产幼次数)和内禀增长率(r_m)。体长在显微镜下用目微尺测量(精确到0.01mm)。在显微镜下观察10s内蚤的心脏跳动次数,从而计算出1min的心跳次数(即心搏率)。

根据生命表依公式计算种群内禀增长率(r_m):

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r_m x} l_x m_x = 1$$

式中, l_x 为存活率, m_x 为特定年龄出生率, x 为各年龄期的年龄中值。

数据统计分析采用单因素、双因素方差分析以及Fisher多重比较。

2 结果

2.1 食物密度对蒙古裸腹蚤种群增长参数的影响

从表1和表2可见,随着食物密度的变化,两个品系的蒙古裸腹蚤各项参数的变化表现相同的趋势,食物密度0~1×10⁴/mL,性腺不成熟、不产卵,蚤的平均寿命仅3.82~4.81d。食物密度达到5×10⁴/mL时,寿命增长并开始产幼,但仅产1窝卵后即死亡,生殖量和总生殖量都很低。食物密度30×10⁴/mL时,产幼前发育期缩短,寿命延长,生殖次数增加,生殖量激增,食物密度150×10⁴/mL以上时,产幼前发育期均为5d,其它参数都很接近并达到正常指标,并以250×10⁴/mL时最佳。

蚤的生长和体长也有同样的变化趋势,晋南蚤试验开始时幼蚤的初体长为0.725~0.739mm,当食物密度在0~1×10⁴/mL时,即前4个梯度组各蚤的平均体长差异不大,在0.773~0.789mm之间,体长的增加量都很小。在这个食物密度范围内,体长并未因食物密度的增加而增加,在图1中几乎为一条直线。由此看来,全饥饿或低密度投喂蒙古裸腹蚤,在一小段时间内,蚤并未停止生长,但生长缓慢且不明显。当食物密度达到5×10⁴/mL时,体长开始有明显的增加,平均可达0.941mm,而后随着饵料密度的增加体长也明显增长,当食物密度为250×10⁴/mL时,平均体长达最大值,为1.227mm,再增加饵料密度,体长反而减小(图1)。

内蒙品系虽然在各个饥饿处理的体长与晋南品系存在微小的差异,但整体的变动趋势大体与后者相同(图1)。

心搏率是衡量枝角类代谢水平的一个重要指标。如图2可知,无论是晋南品系还是内蒙品系的蒙古裸腹蚤心搏率均随食物投喂密度而变动,与体长有类似的变化规律,即饵料密度在0~1×10⁴/mL之间时,心搏率增加不大,且不随饵料密度的增加而增加,这说明1×10⁴/mL以下过低的食物密度并不能保证正常的代谢水平,相当于全饥饿。蒙古裸腹蚤正常心搏率应在

250 次/min 左右,在饵料密度 $100\times 10^4/\text{mL}$ 以上时,心搏率达到正常水平。

表 1 食物密度对蒙古裸腹蚤(晋南品系)种群增长参数的影响

Table 1 The effects of different food density on population growth parameters of <i>Moina mongolica</i> (Jinnan strain)						
饵料密度 Food density ($\times 10^4/\text{mL}$)	总生殖量 Life-time fecundity	生殖量 One time fecundity	产幼前发育期 Developed period before reproduction	寿命 Life-span	生殖频率 Reproduction frequency	内禀增长率(r_m) Instantaneous rate of increase
0				3.85 ± 0.025^a		
0.1				3.82 ± 0.014^a		
0.5				3.76 ± 0.036^a		
1				4.21 ± 0.026^a		
5	1.52 ± 0.014^a	0.25 ± 0.014^a	8 ^a	7.9 ± 0.014^a	1 ^a	0.046 ± 0.063^a
30	12.3 ± 0.021^{ab}	2.43 ± 0.023^b	7 ^a	13.2 ± 0.046^b	1 ^a	0.334 ± 0.017^{ab}
100	15.1 ± 0.026^{ab}	2.78 ± 0.019^b	6 ^a	17.4 ± 0.025^b	2 ^a	0.417 ± 0.029^b
150	28.9 ± 0.016^b	5.72 ± 0.035^c	5 ^a	25.6 ± 0.031^b	2.5 ^a	0.491 ± 0.014^c
250	30.6 ± 0.025^b	5.98 ± 0.005^c	5 ^a	28.7 ± 0.012^b	2.5 ^a	0.524 ± 0.055^c
300	27.3 ± 0.017^b	4.74 ± 0.012^c	5 ^a	24.8 ± 0.022^b	2.5 ^a	0.493 ± 0.017^c

同一列标有不同字母的表示组间差异显著($p<0.05$) The values of different superscripts in the raw are significantly difference($p<0.05$)

表 2 食物密度对蒙古裸腹蚤(内蒙品系)种群增长参数的影响

Table 2 The effects of different food density on population growth parameters of <i>Moina mongolica</i> (Neimeng strain)						
饵料密度 Food density ($\times 10^4/\text{mL}$)	总生殖量 Life-time fecundity	生殖量 One time fecundity	产幼前发育期 Developed period before reproduction	寿命 Life-span	生殖频率 Reproduction frequency	内禀增长率(r_m) Instantaneous rate of increase
0				3.6 ± 0.014^a		
0.1				4.3 ± 0.024^a		
0.5				4.2 ± 0.035^a		
1				4.5 ± 0.012^a		
5	1.30 ± 0.014^a	1.19 ± 0.023^a	7.5 ^b	5.80 ± 0.015^a	1 ^a	0.027 ± 0.039^a
30	11.2 ± 0.032^a	2.04 ± 0.006^a	6.8 ^b	11.9 ± 0.023^b	1.5 ^a	0.314 ± 0.026^b
100	17.3 ± 0.023^a	3.57 ± 0.024^{ab}	6 ^{ab}	17.5 ± 0.036^b	2 ^a	0.336 ± 0.026^b
150	24.9 ± 0.015^b	4.90 ± 0.031^b	5 ^a	24.2 ± 0.014^b	2.5 ^a	0.365 ± 0.017^b
250	26.3 ± 0.009^b	5.62 ± 0.016^b	5 ^a	29.8 ± 0.036^b	2.5 ^a	0.442 ± 0.02^b
300	23.8 ± 0.018^b	5.48 ± 0.025^b	5 ^a	25.7 ± 0.011^b	2.5 ^a	0.397 ± 0.02^b

同一列标有不同字母的表示组间差异显著($p<0.05$) The values of different superscripts in the raw are significantly difference($p<0.05$)

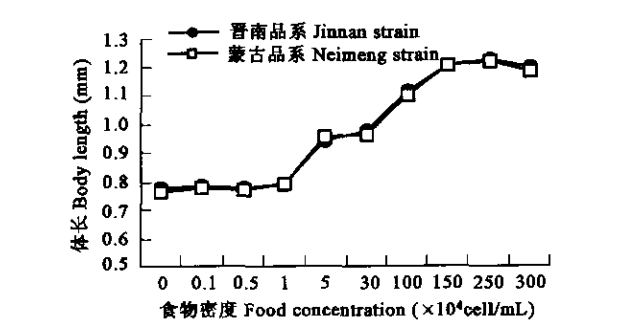


图 1 食物密度对蒙古裸腹蚤体长的影响
Fig. 1 The effect of the food concentration on the body length of *Moina mongolica*

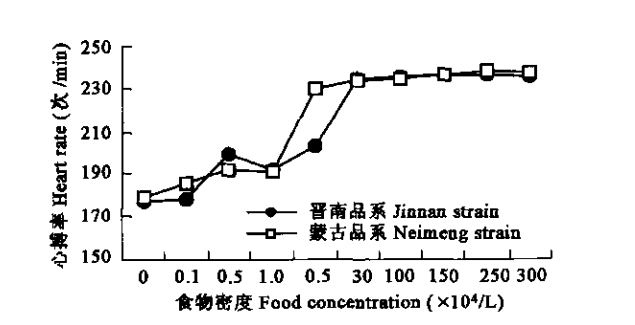


图 2 食物密度对蒙古裸腹蚤心搏率的影响
Fig. 2 The effect of the food concentration on the heart rate of *Moina mongolica*

2.2 饥饿时间对蒙古裸腹蚤种群增长参数的影响

从表 3 可见,蚤经 0.5d 饥饿后再投喂,产幼前发育期、生殖频率均与对照组相同,寿命和总生殖量、种群增长率很接近,生殖量甚至稍高之。经 1d 饥饿后,产幼前发育期和生殖频率仍与对照组相同,其它指标与对照组差别显著($p<0.01$)。经 2~3d 饥饿后,除产幼前发育期相同或稍减慢外,其它指标也大为降低($p<0.01$)。

内蒙品系的情况与晋南品系基本相同,饥饿 0.5d 但生殖量稍低于对照组但寿命稍长之,其它方面变化趋势一致。

表 3 饥饿时间对晋南品系种群增长参数的影响

Table 3 The effects of starvation time on population growth parameters of *Moina mongolica* (Jinnan strain)

饥饿天数 Starvation days	总生殖量 Life-time fecundity	生殖量 One time fecundity	产幼前发育期 Developed period before reproduction	寿命 Life span	生殖频率 Reproduction frequency	内禀增长率(r_m) Instantaneous rate of increase
0 d	41.8±0.043 ^b	5.52±0.012 ^b	5a	15.72±0.034	2.5a	0.435±0.016 ^b
0.5 d	38.6±0.028 ^b	5.54±0.016 ^b	5a	15.43±0.019 ^b	2.5a	0.427±0.024 ^b
1 d	26.3±0.016 ^b	4.48±0.039 ^b	5a	14.35±0.038 ^b	2.5a	0.383±0.014 ^b
2 d	18.5±0.023a ^b	3.45±0.043 ^b	5a	12.94±0.026 ^b	2a	0.344±0.024 ^b
3 d	1.5±0.013a	0.48±0.009a	6a	5.96±0.025a	1a	0.060±0.058a
4 d						
5 d						

同一列标有不同字母的表示组间差异显著($p<0.05$) The values of different superscripts in the raw are significantly difference($p<0.05$)

表 4 饥饿时间对内蒙品系种群增长参数的影响

Table 4 The effects of starvation time on population growth parameters of *Moina mongolica* (Neimeng strain)

饥饿天数(d) Starvation days	总生殖量 Life-time fecundity	生殖量 One time fecundity	产幼前发育期 Developed period before reproduction	寿命 Life span	生殖频率 Reproduction frequency	内禀增长率(r_m) Instantaneous rate of increase
0	39.8±0.031 ^b	6.67±0.011 ^b	5.5a	16.25±0.017 ^b	2.5 ^b	0.462±0.045 ^b
0.5	37.5±0.017 ^b	6.17±0.015 ^b	5a	16.37±0.024 ^b	2.5 ^b	0.452±0.017 ^b
1	28.3±0.021 ^b	5.26±0.014 ^b	5a	14.75±0.027 ^b	2.5 ^b	0.401±0.03 ^b
2	13.5±0.025a ^b	3.84±0.036a	6a	11.26±0.015 ^b	2 ^b	0.363±0.012 ^b
3	3.6±0.005a	2.19±0.026a	6a	5.82±0.036a	1a	0.038±0.027a
4				2.92±0.009a		
5				2.02±0.025a		

同一列标有不同字母的表示组间差异显著($p<0.05$) The values of different superscripts in the raw are significantly difference($p<0.05$)

由体长方面观察,晋南品系在初体长相近的情况下,饥饿 0.5d 的蚤平均体长为 1.228mm,已经接近未经饥饿的正常投喂组(1.236mm)的体长,饥饿 4d 和 5d 的蚤体长很小,内蒙品系的情况与上述一致(图 3)。

由心搏率方面看(图 4),晋南品系饥饿 0.5d,1d,2d,3d 的最终心搏率虽然递减但都较接近正常值(230 次/min),而在饥饿 4d 和 5d 以后蒙古裸腹蚤的心搏率降低,表明代谢水平降低幅度很大,而无法恢复到正常的水平。由此也可看出,蚤补偿生长的饥饿限制有一定极限,超过这个极限便不会发生补偿生长。

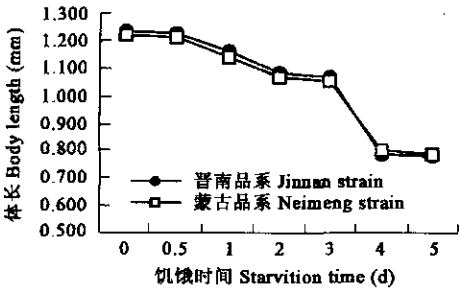


图 3 饥饿时间对蒙古裸腹蚤的体长的影响

Fig. 3 The effect of the different starvation time on body length of *Moina mogonlica*

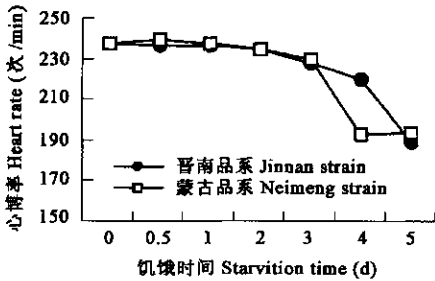


图 4 饥饿时间对蒙古裸腹蚤心搏率的影响

Fig. 4 The effect of the different starvation time on the heart rate of *Moina mogonlica*

3 讨论

3.1 动物在食物缺乏处于饥饿状态时进行内源性营养,即以分解体内的有机质为营养。水生动物耐饥饿的能力差别很大,一般说来间断性取食的动物较连续性取食的动物更耐饥饿。滤食性浮游动物对饥饿的耐力很低,过去认为淡水习见枝角类饥饿几小时即可致死^[5],但据本试验蒙古裸腹蚤在水温 24.5℃下耐饥饿时间可达 3.82~4.21d;根据寿命和生理特点估计,大型蚤

(*Daphnia magna*)、隆腺溞(*D. carinata*)等较大型枝角类耐饥饿能力应高于此值。

滤食性动物在食物达到一定密度(起食密度,threshold concentration)才开始滤食。本试验中小球藻密度 $0.1\sim1\times10^4/\text{mL}$ 各组溞的存活时间与全饥饿组基本相同,显示在这些食物浓度下由于从食物所得能量尚不足维持生命活动,动物没有滤食。小球藻密度达到 $5\times10^4/\text{mL}$ 时,溞开始滤食活动,寿命延长并开始生殖。可见蒙古裸腹溞对小球藻的起食密度当在 $1\sim5\times10^4/\text{mL}$ 之间,约相当于生物量 $0.5\sim2.4\text{mg/L}$ 。起食密度也就是动物能够正常生长和生殖,种群得以存在的食物阈值,枝角类的食物密度因种类和食物对象而不同,如长刺溞(*D. longispina*)摄食细菌时为 $40\times10^4/\text{mL}$ 或 0.3mg/L ,蚤状溞(*D. pulex*)摄食菱形藻时为 $0.4\sim0.5\text{mg/L}$,摄食栅藻时为 $1.0\sim3.3\text{mg/L}$ ^[6],相比之下,蒙古裸腹溞的起食密度是比较高的,这与其栖所的高度富营养化有关。

小球藻密度 $5\sim100\times10^4/\text{mL}$,蒙古裸腹溞正常摄食、发育和生殖,生殖量和生殖频率均随食物浓度而增大,产幼前发育期则缩短。小球藻密度 $100\sim300\times10^4/\text{mL}$,各项种群增长参数和内禀增长率都很接近,但以 $250\times10^4/\text{mL}$ 时最佳。可以说小球藻密度达到 $100\times10^4/\text{mL}$ (约相当于生物量 50mg/L)时蒙古裸腹溞已可保证正常的日粮需要,也就是达到其饱食密度(critical concentration),而 $250\times10^4/\text{mL}$ 则为其食物转化效率最高的最适食物密度,这一数值较何志辉等(1988, $>400\times10^4/\text{mL}$)^[7]、王岩等(1992,幼溞 $>300\times10^4/\text{mL}$,成溞 $>500\times10^4/\text{mL}$)^[8]和徐立蒲等(2001, $>250\times10^4/\text{mL}$)^[9]的结果稍低。这点与实验条件的差异有关。

滤食性动物的饱食密度常与其生活水域的食物密度相近,据 Сушеня^[10]的材料,滤水甲壳类的饱食密度多在 $0.4\sim3.9\text{mg}$ 干重/L 之间,约相当于生物量 $2\sim20\text{mg/L}$,池沼性枝角类的最适食物密度较高,据 Кокова 材料^[11]大型溞为 $20\sim25\text{mg/L}$,多刺裸腹溞(*Moina macrocopa*) $>50\text{mg/L}$ 。

滤食性枝角类的起食密度、饱食密度和最适密度不仅因物种和环境条件而变化,还与本身的种群密度有关。裸腹溞类繁殖快,要求的食物密度也高。

3.2 补偿生长是动物对自然界多变的食物条件的一种适应,作为 *K*-选择者的大型动物恢复摄食后形体和体重的超常增大,有利于种间斗争和延续种群,而作为属于 *r*-选择者的枝角类等浮游动物,主要通过高的出生率来延续种群,因此研究其补偿生长应当从繁殖力或种群增长率方面比较,也就是说经一定饥饿时间恢复摄食后,其繁殖力或种群增长率超过同时间正常摄食个体的,为超补偿生长,明显低于正常摄食的但种群尚能增长的为部分补偿生长。

本试验中两个品系蒙古裸腹溞 0.5d 饥饿组,恢复摄食后在体长、心搏率、总生殖量、生殖量、产幼前发育时间、生殖频率和寿命都和对照组相近,多重比较表明种群增长率与对照组无显著差异,应当说达到了全补偿生长的程度;饥饿 1d 和 2d 两组,各项指标明显低于对照组,但内禀增长率还不低,应属部分补偿生长;饥饿 3d 组各项指标急降,内禀增长率极低,如果考虑到自然条件下较高的死亡率,种群将难于持续发展,应和饥饿 4d 和 5d 组一样,已无补偿能力了。

早在 20 世纪 50 年代,就有资料报道大型溞经一段饥饿后恢复饱食,其体长和总生殖量均可赶上持续摄食的个体。可见枝角类的补偿生长也是广泛存在的。

对于补偿生长的生理机制,有几种假说。一种认为饥饿期间动物代谢水平降低,恢复摄食后低代谢率尚延续一段时间,使能量更多地用于生长;另一种认为恢复摄食后食欲剧增,摄食率增高从而超长生长;也有认为是两方面共同作用的结果,在本实验经饥饿处理的各组恢复摄食后心搏率均有所下降,显示代谢水平降低,但未同时研究其摄食率的变化,尚难对生理机制做进一步探讨。

总之,本实验中晋南品系在室内长期孤雌生殖培养已达 20a 以上,内蒙品系室内培养不满一年,从所得各项指标来看两者十分接近,内禀增长率在食物密度试验中,晋南品系稍高于内蒙品系,在饥饿时间试验中内蒙品系稍高于晋南品系,没有显示两个地理品系蒙古裸腹溞之间的显著差别。

References:

- [1] Zhu X H, Miu F, Xian W W. The effect of compensatory growth on patterns of fisheries ecology. *Journal of Fisheries of China*, 2001, **25**(3):265~267.
- [2] Xie X J, Deng L and Zhang B. Advances and studies on ecophysiological effects of starvation on fish. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1998, **22**(2):181~184.
- [3] Wu L X, Dong S L and Tian X L. The compensatory growth in the Chinese shrimp (*Penaeus chinensis*) following starvation. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(3):452~457.
- [4] He Z H, QIN J G, Wang Y, *et al.* Biology of *Moina mongolica* (Moinidae, cladocera) and perspective as live food form marine fish larvae: review. *Hydrobiologia*, 2001, **457**:25~37.

[5] Константинов, А. Союзная гидробиология Изд-во, высшая школа, Москва, 1967.

[6] He Z H. *Freshwater Ecology*. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000. 159~160.

[7] He Z H, Yan L G, Zhang Y. The effects of food on the growth, reproduction and intrinsic rate of increase of *Moina mongolica* Daday. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1988, **3**(3~4): 21~28.

[8] Wang Y, Qian H. The preliminary study of ingestion capacity of *Moina mongolica* Daday. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1991, **6**(2): 70~76.

[9] Xu L P and He Z H. Iminative experiments on the mass culture of *Moina mongolica* in factory mode I. The food consumption, food assurance and production of *Moina mongolica* fed *Chlorilla* and yeast. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2001, (3): 175~180.

[10] Сущеня Г. М., В. Д. Семенуенко; Г. А. Семенов, И. Г. Трубеншкова Дрощукуля ① лганоктонных Ракоотъразных п факторы срещы 《НАБУКА》 МИНСК, 1990.

[11] Кокова В. Е. Непрерывное Кутъгитивцрован——не Теспозвоноуных Новосцъцрк, 1982.

参考文献:

[1] 朱鑫华, 缪锋, 线薇薇. 鱼类补偿生长及其对资源生态学特征的影响. 水产学报, 2001, **25**(3): 265~267.

[2] 谢小军, 邓利, 张波. 饥饿对鱼类生理生态学的研究进展. 水生生物学报, 1998, **22**(20): 181~184.

[3] 吴立新, 董双林, 田相利. 中国对虾继饥饿后的补偿生长研究. 生态学报, 2001, **21**(3): 452~457.

[6] 何志辉. 淡水生态学. 北京: 农业出版社, 2000. 159~160.

[7] 何志辉, 阎立光, 张毅. 食物条件对蒙古裸腹蚤生长、生殖和内禀增长率的影响. 大连水产学院学报, 1988, **3**(3~4): 21~28.

[8] 王岩, 钱红. 蒙古裸腹蚤摄食强度的初步研究. 大连水产学院学报, 1991, **6**(2): 70~76.

[9] 徐立蒲, 何志辉. 模拟工厂化培养蒙古裸腹蚤的试验研究 I. 蒙古裸腹蚤摄食小球藻和酵母的摄食率、食物保证度和生产量. 大连水产学院学报, 2001, (3): 175~180.