

234-240

2967(6)

第21卷 第3期
1997年9月水生生物学报
ACTA HYDROBIOLOGICA SINICAVol.21, No.3
Sept., 1997

武汉东湖若干种轮虫休眠卵 的形态观察*

林里 周洁¹⁾ 黄祥飞¹⁾

(华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

¹⁾(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)Q959.181
181
1997.7.6

A

提 要

休眠卵是轮虫在恶劣生态条件下形成的滞育结构。本研究用光学显微镜和扫描电子显微镜对东湖 14 种轮虫休眠卵形态进行了观察, 其中关于尾突臂尾轮虫 (*Brachionus caudatus*, Barrois & Daday)、方形臂尾轮虫 (*B. quadridentatus*, Hermann)、中型晶囊轮虫 (*Asplanchna intermedia*, Hudson)、顶生三肢轮虫 (*Filinia terminalis*, Plate) 的休眠卵的形态特征尚未见过报道。

这些休眠卵一般卵壳较厚, 颜色较深, 壳表面有纹饰。不同种轮虫的休眠卵形态、壳饰各不相同, 具种的特异性, 但在某些轮虫, 即使同一种中休眠卵形态有时亦存在较大的差异。

关键词 东湖, 轮虫休眠卵, 形态

休眠卵是单巢总目轮虫在生态条件恶化的情况下形成的滞育结构, 有着不同于孤雌生殖非需精卵的形态构造, 能抵御不良环境, 对轮虫种的保存、繁衍和散布具有重要意义^[1,2]。有关轮虫休眠卵形态学方面的研究虽有一些报道^[3-6], 但各研究者的描述存在一些分歧, 而关于我国湖泊中轮虫休眠卵的报道较少。为此, 对东湖这一长江中下游典型的浅水湖泊中若干种轮虫休眠卵的形态进行观察研究, 一方面丰富我国淡水轮虫繁殖生物学的内容; 另一方面为轮虫休眠卵的开发、利用提供依据。

1 工作方法

1.1 带卵雌体的采集 经常用孔径为 64 μ m 的浮游生物网在东湖捞取活体轮虫, 特别在环境变化急剧时更要及时采集。采得样品置于培养皿中, 在解剖镜下检查, 若有带休眠卵的轮虫, 则用微吸管吸出。

1.2 光学显微镜(LM)观察 将带休眠卵的轮虫吸至玻片上, 在显微镜下鉴定轮虫种类, 观察描绘休眠卵的形态, 测量其大小, 并进行显微摄影。同时对非需精卵、雄卵等也作观察、比较。

1.3 扫描电镜(SEM)观察 将采集到的各种休眠卵分别用 3% 的戊二醛固定液(磷酸缓

* 国家自然科学基金资助项目(39270098)

1994年8月10日收到, 1996年12月11日收到修改稿。

冲液配制)固定于指形管中,置4℃冰箱暂时保存。制样时,将指形管中的固定液小心地吸去,用磷酸缓冲液清洗两遍后再用蒸馏水清洗两遍,在解剖镜下,用微吸管将卵吸至裁成小片的盖玻片上,再将盖玻片粘到样品台上,待玻片上水迹稍干时,用1%锇酸熏蒸固定1h,然后离子溅射喷金。在S-450型扫描电镜下观察。

2 结果

一般休眠卵卵壳较厚,颜色较深,且壳表面具纹饰,与非需精卵和雄卵易于区分。

2.1 角突臂尾轮虫(*Brachionus angularis* Gosse)休眠卵

本种轮虫的休眠卵采于冬季和早春,产出的卵挂于被甲之末端足孔处,常产1—2枚,呈黄棕色或灰色。休眠卵略呈肾形,具一卵盖位于卵之尖端,胚胎一般靠近卵盖,与卵壳之间有间隙[胚胎外间隙(Extra-embryonic space^[7])](图1),但也有个别休眠卵无明显的胚胎外间隙,整个卵几乎均为深色(图2)。LM下,壳表面纹饰呈细密的颗粒状;SEM观察下,壳表纹饰呈蜂窝状小孔,遍布整个卵表,由一条裂沟将卵盖从整个卵划分出来(图版I:1,2)。休眠卵平均卵径为 $(100.10 \pm 1.51) \times (62.65 \pm 0.99) \mu\text{m}$ (表1)。

本研究所观察到的该种休眠卵与李永函^[3]、Koste^[4]所描述的形态一致。

2.2 萼花臂尾轮虫(*B. calyciflorus*, Pallas)休眠卵

在东湖中几乎全年都可采到该种休眠卵。产出的卵挂于被甲末端之足孔处,常产1—2枚,呈桔黄色。休眠卵略呈肾形,尖端具一卵盖,胚胎偏于卵之尖端与卵壳之间有胚胎外间隙,平均卵径为 $(167.99 \pm$

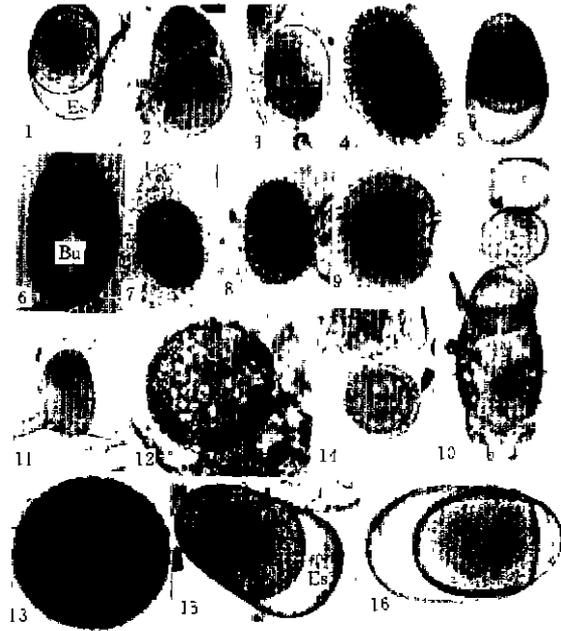


图1—16 轮虫休眠卵的形态

1. 角突臂尾轮虫休眠卵, ×400; 2. 角突臂尾轮虫休眠卵(另一枚), ×400; 3. 尾突臂尾轮虫休眠卵, ×400; 4. 矩形臂尾轮虫休眠卵, ×400; 5. 壶状臂尾轮虫休眠卵, ×250;
 6. 另一枚壶状臂尾轮虫休眠卵(经一段时期休眠), ×250;
 7. 前额犀轮虫休眠卵, ×250; 8. 螺形龟甲轮虫休眠卵, ×400;
 9. 矩形龟甲轮虫休眠卵, ×400; 10. 矩形龟甲轮虫伪性卵, ×250;
 11. 曲腿龟甲轮虫休眠卵, ×400; 12. 卜氏晶囊轮虫休眠卵, ×250;
 13. 中型晶囊轮虫休眠卵, ×250; 14. 长肢多肢轮虫休眠卵, ×400;
 15. 萼花臂尾轮虫休眠卵, ×400; 16. 方形臂尾轮虫休眠卵, ×400.
- 箭头示卵盖。

Fig. 1—16 Morphology of rotifer resting eggs

1. A resting egg of *Brachionus angularis*, ×400; 2. Another egg of the same species, ×400; 3. A resting egg of *B. caudatus*, ×400;
4. A resting egg of *B. leydigi*, ×400; 5. A resting egg of *B. urceolaris*, ×250; 6. Another egg of the same species (after a period of resting), ×250; 7. A resung egg of *Rhinoglena frontalis*, ×250; 8. A resung egg of *Keratella cochlearis*, ×400; 9. A resting egg of *K. quadrata*, ×400; 10. Pseudosexual egg of *K. quadrata*, ×250; 11. A resting egg of *K. valga*, ×400; 12. A resting egg of *Asplanchna brightwelli*, ×250; 13. A resting egg of *A. intermedia*, ×250; 14. A resting egg of *Polyarthra dolichoptera*, ×400;
15. A resting egg of *B. calyciflorus*, ×400; 16. A resting egg of *B. quadridentatus*, ×400; 17. A resting egg of *Filinia terminalis*.

Arrows indicate operculums.

Es(extra-embryonic space, 胚胎外空间), Bu(bubble, 气室)

表1 东湖14种轮虫休眠卵的大小
Tab.1 Sizes of resting eggs of 14 rotifer species in Lake Donghu

种 类 (Species)	样本数 (n)	长 径 (Length) (μm)		短 径 (Width) (μm)	
		$\bar{X} \pm SD$	范围 (Limits)	$\bar{X} \pm SD$	范围 (Limits)
角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>	54	100.10±1.51	86.94—111.78	62.65±0.99	49.68—74.52
菊花臂尾轮虫 <i>B. calyciflorus</i>	50	167.99±5.22	108.50—198.72	104.76±3.16	86.94—136.62
尾突臂尾轮虫 <i>B. caudatus</i>	12	89.01±3.07	86.94—99.36	62.10	
钟形臂尾轮虫 <i>B. leydigi</i>	18	134.70±3.81	124.42—150.00	88.25±1.70	86.94—95.00
方形臂尾轮虫 <i>B. quadridentatus</i>	17	131.22±2.74	124.20—136.62	74.84±2.00	62.10—80.00
壶状臂尾轮虫 <i>B. urceolaris</i>	56	142.28±2.09	136.62—161.46	87.71±0.99	74.52—99.36
蝶形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	2	75.00		50.00	
矩形龟甲轮虫 <i>K. quadrata</i>	2	86.94		62.10	
曲腿龟甲轮虫 <i>K. vulga</i>	51	74.04±1.30	62.10—77.50	48.29±0.89	45.00—62.00
顶生二肢轮虫 <i>Ladona terminalis</i>	1	65.00		45.00	
长肢多肢轮虫 <i>Polyarthra denticulata</i>	2	86.94		62.10	
前额盾轮虫 <i>Rhinogona frontalis</i>	53	101.14±1.60	90.00—110.00	70.98±1.41	62.10—85.00
卜氏品囊轮虫 <i>Aptanochma brachyacelli</i>	40	$\bar{X} \pm SD = 151.06 \pm 4.01$		(Limits) 136.62—186.30	
中型品囊轮虫 <i>A. intermedia</i>	33	$\bar{X} \pm SD = 194.95 \pm 13.28$		(Limits) 136.62—248.40	

5.22) × (104.76 ± 3.16) μm(表 1)。LM 下,壳表纹饰呈不规则线状(图 15);SEM 下,壳表纹饰在不同个体间存在差异,图版 I: 5, 6 所示一枚休眠卵表面纹饰为分布稀疏的小峰,图版 I: 7 所示另一枚休眠卵壳表纹饰则呈密布的不规则小突(因制样不佳,卵表面附有一些杂质)。本种休眠卵经一段时期休眠后,卵的钝端往往形成一较大的气室,胚胎则被挤至卵盖边缘,此时的卵极易上浮水面。瞿宝香等认为,气室内气体的来源可能是内源性的代谢产物;气室使得休眠卵比重减轻而具备了上浮的可能性,有利于萌发^[8]。

本研究 SEM 观察到的该种休眠卵壳表面特征与 Wurdak, Gilbert 等^[7,9]所描述的并不一致,而 Wurdak 与 Gilbert 所示两张 SEM 照片之间也不一致。瞿宝香等^[8]描述的该种卵表面特征亦与本研究结果不一致。Sudzuki^[6]曾描述过三种不同壳饰的该种休眠卵,认为其中一种是常见的,另外两种为稀有的和非常稀有的。

2.3 尾突臂尾轮虫 (*B. caudatus* Barrois & Daday) 休眠卵 在 7 月份采得。休眠卵呈椭圆形,浅灰色。产出的卵挂于雌体后端足孔处,每个母体常带 1—2 枚。LM 下,卵壳表面布满均匀的芝刺(图 3)。平均卵径为 (89.01 ± 3.07) × 62.10 μm(表 1)。迄今尚未见到其他资料报道过该种休眠卵。

2.4 矩形臂尾轮虫 (*B. leydigi* Cohn) 休眠卵 采于冬季,产出的卵挂于被甲之末端足孔处,常产 1—2 枚,呈黑色。休眠卵呈椭圆形,平均卵径为 (134.70 ± 3.81) × (88.25 ± 1.70) μm(表 1),卵壳很厚,看不到里面的胚胎。LM 下,壳表纹饰呈粗棒状,并似包有胶膜(图 4),与李永函等^[3]所描述的不太一致,而与 Koste^[4]的描述相近;在 SEM 下壳表纹饰呈纵横交错的嵴,满布于整个卵表面(图版 I: 3, 4)。

2.5 方形臂尾轮虫 (*B. quadridentatus* Hermann) 休眠卵 采于春、夏季,产出的卵挂于被甲之末端足孔处,常产 1—2 枚,桔黄色,呈尖椭球形,平均卵径为 (131.22 ± 2.74) × (74.84 ± 2.00) μm(表 1),具一卵盖位于卵之尖端,胚胎偏近卵之尖端,与外卵壳之间有胚胎外间隙。LM 下,壳表纹饰呈细小颗粒状(图 16);而在 SEM 观察下,壳表纹饰则呈大孔纹状,排列较密(图版 I: 9, 10)。迄今为止,尚未有其他资料对这种休眠卵的描述。

2.6 壶状臂尾轮虫 (*B. urceolaris* Müller) 休眠卵 采自冬季和春季,产出的卵一般 1—2 枚,挂于被甲末端足孔处,平均卵径为 (142.28 ± 2.09) × (87.71 ± 0.99) μm(表 1)。休眠卵略呈肾形,尖端处有一卵盖,胚胎偏于卵之尖端与卵壳间有胚胎外间隙。LM 下,新鲜的休眠卵呈桔黄色,卵壳表面纹饰呈斑点状,斑点大而清晰(图 5);经过一个时期休眠后,卵呈灰色,卵的粗端往往产生一较大的气室,胚胎被挤至卵盖边缘,壳表纹饰模糊不清(图 6),这类带气室的休眠卵极易上浮水面,春季在东湖水面上可采到这类卵,置室温下培养即可萌发。本研究所观察到的此种卵形态与李永函^[3]、Koste^[4]的描述相近。

2.7 卜氏晶囊轮虫 (*Asplanchna brightwelli* Gosse) 休眠卵 采于秋末冬初和春末夏初,本种轮虫系卵胎生,休眠卵形成后不产出体外,在母体内宿存,随母体死亡而沉积水底,一般每个母体宿存 1—2 枚卵。休眠卵呈球形,平均卵径为 151.06 ± 4.01 μm(表 1),卵壳较厚,壳表面具泡状壳饰,其内的胚胎难以观察(图 12)。本研究所观察到的该种休眠卵与李永函^[3]、Koste^[4]、Gilbert^[10]所描述的相同。

2.8 中型晶囊轮虫 (*A. intermedia* Hudson) 休眠卵 本种轮虫亦系卵胎生,每个母体内可宿存 1—2 枚卵。采于春、夏季。成熟的休眠卵呈棕褐色,球形,平均卵径为 194.95 ±

13.28 μm (表 1),卵壳较厚,一般看不到胚胎。壳表具小泡状纹饰,满布卵表,小泡较之卜氏晶囊轮虫休眠卵壳表的泡饰稍小(图 13)。该休眠卵与卜氏晶囊轮虫休眠卵不易区分,仅大小、纹饰略有差别。迄今尚未见到其他资料描述过该种休眠卵。

2.9 矩形龟甲轮虫 (*Keratella quadrata* Müller) 休眠卵 仅在 1993 年 4 月发现 2 枚。产出的卵挂于被甲之末端,每个母体带 1 枚卵。休眠卵呈椭球形,卵径为 86.94 \times 62.10 μm ,整个卵呈黑色,卵壳表面具胶膜状物质,其间具略为粗、短的刺状壳饰,稀疏布于卵表,壳缘刺约 30—40 个(图 9)。本研究结果与 Nipkow^[5]所描述的不一致,而与李永函^[1]、Sudzuki^[6]的描述相似,Koste^[4]曾描述了该种轮虫的两个不同形态的休眠卵,其中之一与本研究所见相似。

本研究中还发现有该种轮虫的另一类型卵——伪性卵(Pseudosexual eggs)(图 10),这类卵一般数个由一细带连成一长串,挂于被甲末端。据 Koste^[4]描述,这种卵属单倍体,其生物学意义尚待进一步研究。

2.10 螺形龟甲轮虫 (*K. cochlearis* Gosse) 休眠卵 采于 1993 年春季,仅有 2 枚,产出的卵挂于被甲末端,每个母体带 1 枚卵,卵呈椭球形,卵径为 75.00 \times 50.00 μm ,整个卵呈黑色,卵壳表面具胶膜状物质,其间具小刺,稍有不规则弯曲(图 8)。作者所观察到的该种休眠卵与李永函^[1]、Nipkow^[5]的描述相同,而与 Sudzuki^[6]的描述不同。

2.11 曲腿龟甲轮虫 (*K. valga* Ehrb.) 休眠卵 多采于冬季,产出的卵挂于被甲末端,常产 1 枚卵,呈暗桔黄色或灰色,形状近椭球形,一般看不到胚胎,平均卵径为 (74.04 \pm 1.30) \times (48.29 \pm 0.89) μm (表 1)。LM 下卵壳表面呈粗糙感,但观察不到壳饰(图 11),这与李永函^[1]的报道不一致,但与 Sudzuki^[6]的描述相近。SEM 下,休眠卵表面纹饰呈细密的皱褶(图版 I: 11, 12。因制样不佳,卵有局部收缩)。

2.12 长肢多肢轮虫 (*Polyarthra dolichoptera* Idelson) 休眠卵 只在冬季采到 2 枚,产出的卵挂于身体末端,每个雌体带 1 枚卵,形状呈椭球形,卵径为 86.94 \times 62.10 μm ,卵壳较厚,其上分布有数层骨条状壳饰,整个卵呈黑色,未见胚胎(图 14)。本研究结果与 Nipkow^[5]的描述相同。

2.13 前额犀轮虫 (*Rhinoglena frontalis* Ehrb.) 休眠卵 采于冬季。本种轮虫系卵胎生,一般每个母体内宿存 1—2 枚卵,呈椭球形,黑色,LM 下壳表纹饰呈长刺状,排列密而整齐(图 7);在 SEM 观察下,壳表的刺基部紧挨,末端稍钝(图版 I: 8)。休眠卵平均卵径为 (101.14 \pm 1.60) \times (70.98 \pm 1.41) μm (表 1)。本研究所观察到的休眠卵形态与李永函^[1]、Pourriot^[2]所描述的是一致的。

2.14 顶生三肢轮虫 (*Filinia terminalis* Plate) 休眠卵 仅于秋末冬初采到 1 枚,产出的卵附在身体末端,形状呈椭球形,灰色,卵径为 65.00 \times 45.00 μm ,壳表布满泡状饰物,泡的大小一致,分布均匀,壳缘的泡排列成椭圆形。有关本种休眠卵的其他报道尚未见到。

3 讨论

许多学者对休眠卵的形态进行过观察,描述了臂尾轮虫、晶囊轮虫、龟甲轮虫、疣毛轮虫(*Synchaeta*)、多肢轮虫、三肢轮虫、犀轮虫等属一些种休眠卵的形态特征,综合这些描述及本研究的结果可以看出,不同种轮虫,其休眠卵之形状、颜色、壳表纹饰是不同的,亦即:

轮虫休眠卵的形态具种的特异性。在这一点上,与轮虫的非需精卵和雄卵不同,后两者在不同种间一般差异较小。

在本研究所观察到的 14 种轮虫休眠卵中,有许多种与其他研究者所描述的形态不相同(见本文“结果”部分)。本研究对同是取自东湖的两枚萼花臂尾轮虫休眠卵扫描电镜的观察结果表明,这两枚卵的壳饰是不同的(图版 I: 5, 6 和图版 I: 7), Wurdak 和 Gilbert^[7]亦展示过两枚该种轮虫休眠卵的扫描电镜照片,与本文结果不同,而这两枚卵之间壳饰亦不相同,一枚为密而浅的小凹,另一枚为细密的峰突。Gilbert 也认为同一种轮虫在不同地区、同一水体不同季节、甚至同一母体产生的休眠卵形态上存在相当大的差异,如 1964 年 8 月在 Karpov's 池塘中采到的萼花臂尾轮虫休眠卵与 1965 年 5 月在该池中采得的同种卵有很大不同,前者较大(145—160 × 90—105 μm)后者较小(125—135 × 85—90 μm),颜色以前者更深,壳饰也不同^[1]。由此可见,同一种轮虫的休眠卵形态也具多态性,出现这种情况的主要原因可能是由于不同的生态环境(如不同水域,不同季节,不同营养条件等)对休眠卵的形成及形态有影响,另一可能原因是个体异质性。

本研究发现有挂于同一角突臂尾轮虫雌体上的两枚休眠卵在外观上有所差异,其中一枚是正常的成熟休眠卵(图 1),而另一枚整个卵呈深色,看不到胚胎外间隙(图 2)。后者与角突臂尾轮虫雌体内尚未产出的休眠卵形态很相似。初步分析后二者可能是未发育成熟的休眠卵。在对萼花臂尾轮虫的观察中亦发现有这种未发育成熟的休眠卵。推测同一种轮虫休眠卵在不同发育阶段形态上会有所不同。

新鲜的休眠卵与经过一段时间休眠后的卵在形态上也有差异。作者曾观察到萼花臂尾轮虫和壶状臂尾轮虫的休眠卵经过休眠后,卵的粗端会产生一气室,占据卵的大半,胚胎则被挤至卵盖边缘(图 6)。瞿宝香^[8], Wurdak^[7]也曾报道过这种现象。

本研究还发现了矩形龟甲轮虫的另一类型卵——伪性卵(图版 I: 10)。Ruttner-Kolisko 在褶皱臂尾轮虫(*B. plicatilis*)的培养中,发现一种有缺陷的休眠卵(defective resting egg 或 false resting egg),形态上与正常休眠卵不同,只有一层薄的卵壳,沉积到水底不久就崩解了^[11]。关于这两类卵的生物学意义尚须进一步研究。

综上所述,虽然轮虫休眠卵具有种的特异性,但亦存在较大的变异,因此,如用休眠卵作为分类根据时,必须考虑其形态的变异。

参 考 文 献

- [1] Gilbert J J. Dormancy in Rotifers. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, 1974, **93** (4): 490—513.
- [2] Pourmot R, Snell T W. Resting eggs in rotifers. *Hydrobiologia*, 1983, **104**: 213—224.
- [3] 李永函等,池塘习见轮虫休眠卵的形态和鉴定. 大连水产学院学报, 1991, **6** (1): 1—11.
- [4] Koste W. Rotatoria. Berlin: Borntraeger Stuttgart, 1978, 2 vols: 673PP., 234 plates.
- [5] Nipkow F. Die Rädertiere im plankton des Zürichsees und ihre Entwicklungsphasen. *Schweiz. Z Hydrologie*, 1961, **23**: 398—461.
- [6] Sudzuki M. New systematic approach to Japanese plankton Rotatoria. *Hydrobiologia*, 1964, **23**: 1—124.
- [7] Wurdak E S et al. Fine structure of the resting eggs of the rotifers *Brachionus calyciflorus* and *Asplanchna sieboldi*. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, 1978, **97** (1): 49—72.
- [8] 瞿宝香等. 用电镜对两种轮虫休眠卵卵膜的初步观察. 大连水产学院学报, 1987, (1): 19—27.

- [9] Wurdak E S et al. Resting egg ultrastructure and formation of the shell in *Asplanchna sieboldi* and *Brachionus calyciflorus*. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 1977, **8**: 298—302.
- [10] Gilbert J J, Wurdak E S. Species - specific morphology of resting eggs in the rotifer *Asplanchna*. *Trans. Amer. Microsc. Soc.*, 1978, **97** (3): 330—339.
- [11] Rutner - Kolisko A. The significance of mating processes for the genetics and for the formation of resting eggs. *Hydrobiologia*, 1983, **104**: 181—190.

MORPHOLOGY OF RESTING EGGS OF SOME ROTIFERS IN LAKE DONGHU, WUHAN

Lin Li, Zhou Jie and Huang Xiangfei¹⁾

(Aquacultural College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

¹⁾(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract

Resting eggs of 14 rotifer species were collected from Lake Donghu and their morphology (size, shape, color and ornamentation) was observed under light microscope and scan electron microscope. Resting eggs are ovoid or spherical in shape. They are characterized by a thick, dark, opaque shell which bears surface sculpturing in the form of knobs, spines, wrinkles etc. The morphology of resting eggs of rotifer *Brachionus caudatus*, *B. quadridentatus*, *Asplanchna intermedia*, and *Filinia terminalis* was never recorded before. Basing on the results and comparing with other information, the authors are of opinion that the morphology of resting eggs differs in different rotifer species. But it appears to be not only species - specific but also poly morphologic in some species as external characteristics of resting eggs vary in the same species under different environmental conditions and developing stages.

Key words Lake Donghu, Rotifer resting eggs, Morphology