

10. 卤虫的发育与蜕皮

廖承义 欧毓麟 程樱

(海洋生物系)

摘要 我国北方孤雌生殖卤虫在盐度为60, 水温为19—28℃的条件下, 自卵内孵出无节幼虫长成至性成熟产仔(无节幼虫或卵), 需经蜕皮12—15次, 其中多数为14次, 历时15—18天, 随后每次产仔即行蜕皮一次, 本文描述了卤虫各个不同令期发育的外部形态变化, 并根据其蜕皮次数和形态特征, 将卤虫的发育分为十五令(15th instar)。此外还观察到在孤雌生殖的卵中有发育成为雄性的个体。

关键词 卤虫; 发育; 蜕皮

卤虫是一种耐高盐的小型甲壳类动物, 由于它的生长发育和繁殖速度很快, 所产的休眠卵能在室内作较长时间的保存, 当需要时又可随时孵化, 加上易于培养, 因此又是实验生物学的理想试验材料^{[1][2]}。近年来随着水产养殖事业的发展, 作为鱼、虾育苗中主要饵料的卤虫需用量日益增加^{[3][4][5]}。因此有关卤虫的生物学研究已日益受到人们的重视, 在卤虫的发育方面虽已进行过不少的研究^{[6][7][8][9]}, 但对我国卤虫的发育研究, 迄今还报导不多, 对发育的形态描述和分期也尚持有不同的看法^{[2][4][5][10]}, 并与目前国际上多数学者采用的分期方法不相一致^{[8][9]}。为了适应目前卤虫人工养殖和有关生物学的研究, 正确的区分卤虫的发育分期和蜕皮是非常必要的。

1 材料与方法

材料取自我国天津食品进出口公司出售的罐装卤虫卵, 按目前国际上的分类命名称为: *Artemia parthenogenetica* of Tianjin^[11] 卵径为195—245 μ m, 每克卵为18—22万粒。

卵在水温27℃(恒温), 盐度30.00, 光照强度1000Lx的条件下孵化(经试验在上述条件下孵化率最高), 取同一时间内孵出的无节幼虫100个, 分别放入100个烧杯中, 其培养密度为1个幼虫/25ml水, 待第五次蜕皮后改为1个幼虫/50ml, 幼虫培养的条件为水温19—28℃, 盐度60(经试验在此盐度下成活率最高), 光照1000Lx; 饵料为三角褐指藻(*phaeodactylum tricornutum*), 藻的浓度随个体的生长逐渐增加, 卤虫每次蜕皮后随即换水一次。

2 结 果

2.1 卵子的孵化

卵子入水后吸水膨胀、卵壳破裂,包被卵膜的胚胎破壳而出,但未与卵壳完全脱离,由于重心的关系,卵壳(深褐色)在上,胚胎(白色)在下倒挂悬浮于水中,此时胚胎的头端较宽,位于自由缘,而尾端较窄与卵壳相连,体长 $390-410\mu\text{m}$,具附肢芽三对,胚胎前端中央有一呈浅红色的单眼(无节幼虫眼)(图版 I、1)破壳后不久胚胎自膜内孵出成为无节幼虫,自卵子入水至幼虫孵出历时约28小时。

2.2 卤虫的发育

2.2.1 一令期 (instar I) (图版 I、2)

刚孵出的无节幼虫体长在 $480-570\mu\text{m}$,椭圆形,身体不分节,头部中央有一红褐色的单眼,腹面生有上唇一片。幼虫具附肢三对,第一对小触角、单肢型、圆棒状,长 $95-115\mu\text{m}$,宽(直径)约 $32\mu\text{m}$,末端有刚毛三根,它是三对附肢中最小的一对。第二对大触角,双肢型,全长 $260-295\mu\text{m}$,是三对附肢中最大的一对,外肢长而发达内侧缘生有刚毛10根,内肢短而小,末端有刚毛3根,近内肢的基部有一乳头状突起,突起的末端生有一根粗大的棘(刺),此外大触角基部与身体相连接处有一指状突起,其末端也生有一粗壮的长棘。第三对大颚,双肢型,外肢的末端有刚毛3根,内肢短而退化,末端有短棘2根,此外在内肢的内侧有一乳头状突起,末端也有短棘2根。

口和肛门尚未开口,消化道未完全形成,靠吸收自身的卵黄为营养,身体末端有一浅的尾巴,但无尾刺。

2.2.2 二令期 (instar II) (图版 I、3)

自卵膜内孵出的无节幼虫在水温为 $19-28^{\circ}\text{C}$ 下约经20小时开始第一次蜕皮,幼虫进入二令期,身体仍不分节,体长 $720-810\mu\text{m}$,此时消化道已明显可见呈直筒状,在接近肛门处变狭,四周有呈辐射状排列的肌纤维,起括约肌的作用。

小触角无变化。大触角增大,指状突起伸长变扁呈镰刀形,末端分叉弯向腹面,内肢内侧乳头状突起末端的粗棘内缘生出羽状刚毛而外缘光滑。

大颚内肢末端及内侧乳头状突起上的短棘均生出羽状刚毛。

2.2.3 三令期 (instar III) (图版 I、4)

二令幼虫约经20小时蜕皮后进入三令期,体长 $950-1000\mu\text{m}$,胸部开始分节,该期为四节,胸节的两侧突出形成胸肢芽,其中以第一对胸肢芽为最大,以后依次变小。消化道开始具生理功能,幼虫开始摄食,尾巴逐渐加深。

大触角基部的镰刀形突起进一步向腹面弯曲,分叉的末端形成粗大的棘,其中内侧棘较大生有羽状刚毛,而外侧棘较小光滑。

2.2.4 四令期 (instar IV)

体长 $1.20-1.35\text{mm}$,胸部分6—7节,前1—2对胸肢芽已开始分化形成2—3

个叶状突起,第3—5胸节的肢芽也已突出呈片状。(图版I、5)

在大颚的后方又生出二对附肢芽,即第一、二小颚,其中前者较大而后者较小。

在第1—2胸节的背中央各生出一细小的短刺称为背中刺。(图版I、6)

2.2.5 五令期 (instar V)

大触角内肢的刚毛增至4根,镰刀形突起的外侧棘此时也生出羽状刚毛。复眼形成但无眼柄。胸部分节增至7—8节,背中刺增至4根。

2.2.6 六令期 (instar VI) (图版II、7)

胸部已分成11节,与成体分节相等,前5对胸肢已分化出内叶、外片和鳃叶的雏形,第6—9胸节的附肢芽也已产生,但第10—11胸节的附肢芽尚未产生,背中刺增至5根。复眼进一步向两侧突出,色素逐渐增多。第二小颚的末端长出一对短刺。

2.2.7 七令期 (instar VII) (图版II、8)

前6对胸肢的外形已基本与成体相似,每一胸节的背部均生出背中刺。第二小颚末端的短棘增至3根,腹部开始延长并分节,此期为二节,幼虫末端的尾凹进一步加深,并生出尾刺一对。

自此期开始除部份器官的形态结构与成体尚有差别外,其外形已与成体基本相似,因此七令期又可以称之为拟成虫期。

2.2.8 八令期 (instar VIII)

复眼生出眼柄,突出于头部的二侧。腹部分成四节,尾叉明显,尾刺仍为一对。

2.2.9 九令期 (instar IX)

大触角内肢内侧的乳头状突起及镰刀形突起开始退化,大触角相对缩小。大颚进一步长大并向腹面弯曲,环抱于上唇的两侧。

11对胸肢的外形已与成体相似,其长度自前向后逐渐缩短。

腹部已分成8节,每一腹节的后侧缘各生有一对细小的腹侧刺。尾刺增至3—4对(图版II、9)

2.2.10 十令期 (instar X)

大触角内肢内侧乳头状突起末端的粗棘消失,镰刀形突起进一步缩小。大颚基部乳头状突起末端的棘消失。胸肢进一步长大。在腹部第1—2节(生殖节)的腹面向后生出一鸭嘴状的突起即卵囊原基(图版II、10A)。尾刺3—5对不等,尾刺上开始生出羽状刚毛(图版II、10B)。

2.2.11 十一令期 (instar XI)

大触角退化缩小,内肢内侧的乳头状突起及镰刀形突起均消失,外肢内侧缘的长刚毛多数消失,最后仅留有少数几根细而短的刚毛(图版II、11A)。大颚的自由缘开始角质化(图版II、11B)。生殖节相对加宽成翼状,卵囊原基长大成为卵囊,尾刺3—5对不等。

2.2.12 十二令期 (instar XII)

幼虫的外形已与成体完全相同,发育进入成虫期,尾刺4—5对不等。

2.2.13 十三令期 (instar XIII)

卵巢开始发育, 卵囊开口。腹部分节的缢痕加深。尾刺6—8对不等。约经48小时后蜕皮进入十四令期。

2.2.14 十四令期 (instar XIV)

卵巢内已充满卵子, 卵囊基部生出一对钩状突起 (图版II、12), 尾刺6—9对不等。

2.2.15 十五令期 (instar XV)

卵子经输卵管进入卵囊内, 致使卵囊逐渐膨大 (图版II、12), 尾刺数目不等, 有8+7, 8+8及5+5等。十五令期后约经72小时即可产仔。

2.3 卤虫的蜕皮与生长发育的关系

2.3.1 蜕皮次数

在盐度为60、水温为19—28℃的条件下, 从一令幼虫长成至性成熟产仔, 需蜕皮12—15次不等, 其中多数为14次 (约占53.5%), 历时15—18天。蜕皮的间隔时间每次各不相同, 试验结果表明在相同的培养条件下 (温度、盐度、饵料等) 蜕皮的间隔时间随“令”期的增加而延长, 从表1可见第1—4次蜕皮的间隔时间约为20小时, 第5—9次蜕皮的间隔时间约24小时, 最后蜕皮的间隔时间可延长至36—72小时。当成虫成熟产仔后, 随即蜕皮一次, 以后每经一次产仔均需蜕皮一次。

2.3.2 蜕皮与体长的增加

卤虫和其它甲壳类动物一样, 其生长发育与蜕皮有着密切的关系, 在幼虫发育阶段, 器官的发生、形态变化, 身体长度的增加等都是随着每次蜕皮而发生的, 从表2可见卤虫幼虫的体长是随着蜕皮次数的增加而逐渐加长, 但当发育至十四令左右体长的增加明显减慢, 以后每次产仔蜕皮后, 其体长虽仍略有增加, 但其变化程度不大。

3 讨 论

1、卤虫的发育分期目前多数以令 (instar) 来表示, 即在性成熟产仔前, 每蜕皮一次为一令, 如刚孵化的无节幼虫为一令, 第一次蜕皮后则为二令^{[8][9][12]}。另一种是仿照一般甲壳类幼虫的分期名称分为无节幼虫 (nauplius); 后无节幼虫 (metanauplius) 和拟成虫期 (pseudoadult)^{[4][5][10]}, 也有将其分为无节幼虫、后无节幼虫、无柄复眼幼虫和幼体期^[2]。但上述各分期方法的依据和标准各作者之间的描述并不一致, 与我们观察的结果也不完全相同, 如有的认为第一次蜕皮后的幼虫即可称为后无节幼虫^{[5][2]}、第二次蜕皮后即出现复眼、第三次蜕皮后11对胸肢雏形出现、第四次蜕皮后腹部体节形成, 复眼已具眼柄^[2], 也有的认为孵化后第三天复眼开始出现, 体后部分节隐约可见, 此时即进入后无节幼虫期^[10]。作者观察的结果是第一、二令幼虫均属无节幼虫期, 三令幼虫开始才属后无节幼虫, 因为从该期开始胸部分节并生出胸肢芽, 而在第一次蜕皮后幼

表 1
昆虫的发育与蜕皮的关系Table 1
Relation between the development and molt of *Anemia parthenogenetica*

发育 时间 (天)		蜕皮 次数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1	20		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
1	2	20		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
2	3	20		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
3	4	20		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
4	5	28	14	24	24	24	24	24	24	24	28	24	24	24	24	24	24	28	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
5	6	24	24	24	24	24	28	24	24	24	28	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
6	7	28	24	24	28	24	24	24	24	24	28	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
7	8	28	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
8	9	24	24	20	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
9	10	24	28	24	24	24	24	24	24	24	28	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
10	11	36	28	24	24	24	24	24	24	24	28	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
11	12	30	30	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
12	13	50	30	28	30	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
13	14	64	40	30	28	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
14	15		50	30	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
蜕皮总 次数		14	11	15	14	15	14	15	15	15	14	14	14	14	14	14	15	14	14	14	14	14	13	14	14	12	14	13	14	13	13	14	14
产卵时间 (天)		18	19	16	18	16	16	16	16	16	18	16	16	16	16	16	17	16	17	17	17	15	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

+ + numbers of specimen; 3, 2, 1 interval (天); (3) molt frequency

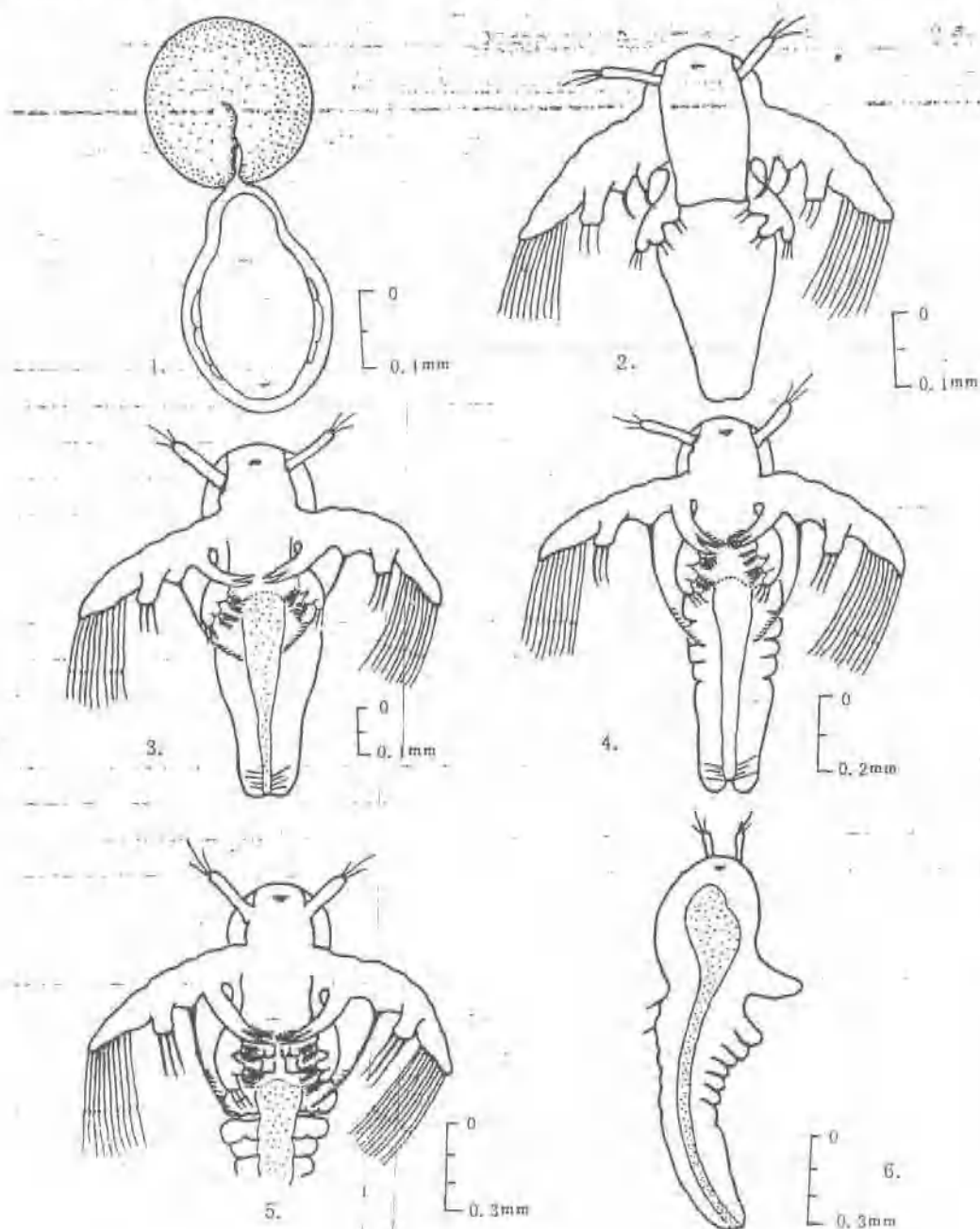
* 系发育成熟产卵的蜕皮总次数; * molt total of developed into sexual maturity; ** 系自孵化至成熟产卵的时间 (天); ** time of hatched into spawning (day)

表2 卤虫的蜕皮与体长增加的关系

Table 2 Relation between molt and growth of body length

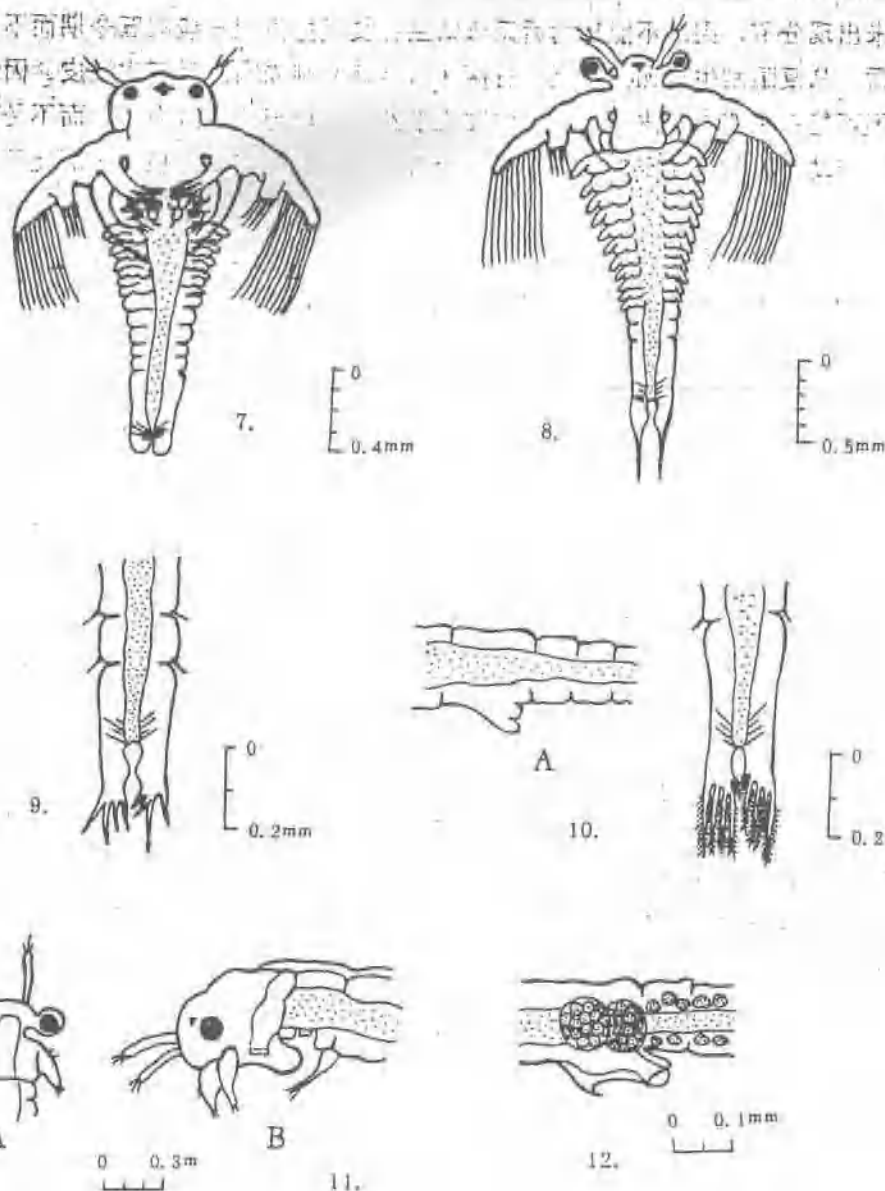
日期 date	发育天数 developmental period (days)	蜕皮次数 molt frequency	平均体长 (mm) mean body length
4月12日	刚孵化 just hatching	0	0.53
13	1	1	0.76
14	2	2	0.97
15	3	3	1.30
16	4	4	1.46
17	5	5	1.91
18	6	6	2.30
19	7	7	2.48
20	8	8	4.20
21	9	9	4.33
22	10	10	5.95
23	11	11	6.62
24	12	12	6.72
25	13		7.79
26	14	13	9.38
27	15		9.84
28	16	14	10.40
29	17		10.52
30	18		10.56
5月2日	20	* 第一次产仔	11.35
3	21		11.54
4	22		11.56
5	23		11.59
6	24		11.62
9	27	** 第二次产仔	12.41
10	28		12.54
16	34		12.64
18	36	*** 第三次产仔	12.75

* Primary spawning ** Secondary spawning *** Tertiary spawning



图版 I Plate I

1. 破壳后的胚胎 Embryo of emergence
2. 一令期腹面观 Ventral view of instar I
3. 二令期腹面观 Ventral view of instar II
4. 三令期腹面观 Ventral view of instar III
5. 四令期头胸部腹面观 Ventral view of Head and anterior thoracic region of instar IV
6. 四令期侧面观 (示背中刺) Lateral view of instar IV (showing dorsal median thorn)



图版 II Plate II

7. 六令期腹面观 Ventral view of instar VI
 8. 七令期腹面观 Ventral view of instar VII
 9. 九令期尾部背面观 (示腹侧刺) Dorsal view of tail (instar IX), showing ventrolateral thorn
 10. 十令期 (A. 腹部侧面观, B. 尾叉背面观) 10 Ventral of instar X (A. lateral view, B. dorsal view of caudal furca)
 11. 十一令期头部 (A. 背面观, B. 侧面观) 11 Head of instar XI (A. dorsal view B. lateral view)
 12. 十五令期卵囊侧面观 12 Brood pouch of instar XV (lateral view)