

中华假磷虾的幼体形态*

王 荣

(中国科学院海洋研究所)

中华假磷虾 (*Pseudeuphausia sinica* Wang & Chen) 是不久前建立的新种^[2]。它在我国东南沿海的浮游生物组成中是一个优势种,也是许多经济鱼类的重要捕食对象。本文的目的是要查明其幼体阶段各发育期的形态,作为这种磷虾生物学研究的第一步。

本文是在导师郑执中副教授指导下完成的,并承刘瑞玉副教授仔细审阅原稿和提出宝贵意见,均此致谢。

一、前人的工作

有关磷虾幼体发育的研究历史,在某些作者的文章里已经有了比较详尽的阐述^[7,8],这里只扼要地说明一下总的进展情况。

在早期的工作中,应当特别提到 Sars(1885)^[23] 对磷虾发育提出的比较系统的概念,指出了磷虾发育中的主要发育期,并对它们进行了命名。这一工作成为以后学者在这方面进行研究的基础。现将 Sars 对各期幼体的命名和划分 (G. O. Sars, 1885, pp. 149—150) 摘录如次:

- 1. Nauplius stage** 身体卵圆形,不分节。不具复眼。只有3对肢体出现,第一对(第一触角)简单,后两对(第二触角和大颚肢)双肢型,为游泳器官。
- 2. Metanauplius stage** 体形与 Nauplius stage 相似,只有两对附肢发达(第一触角和第二触角),大颚肢(mandibular legs)消失。大颚、小颚和颚足均以雏形出现。
- 3. Calyptopis stage** 身体分为两个主要部分。头胸甲已经分化出来,帽状。腹部开始分节。复眼发育不完全,不能动,为头胸甲所覆盖。大颚、小颚和颚足已经分化出来,但没有胸肢和腹肢的迹象。尾肢开始发育。
- 4. Furcilia stage** 复眼发育更完全,能动,且伸至头胸甲之外。第二触角仍保持原来的样子,为游泳器官。前几对胸肢和腹肢相继发育。
- 5. Cyrtopia stage** 第一触角的鞭开始延长并清楚地分节。第二触角变形,不再是运动器官。后几对胸肢和鳃相继发育。
- 6. Post-larval stage** 所有的胸肢已发育。尾节已有确定的形状和附属物。

从 Sars 开始,在一个相当长的时期中,这方面的研究都是单纯从形态上着手的。即出现多少不同形态的个体就认为有多少发育期。在早期发育中,由于个体间的分化不大,又能进行短期的培养,所以有关 Calyptopis 阶段及其以前发育的记载一般是可以相信的。但在较后的发育阶段,个体间形态变化愈来愈大,处于同一发育期的个体往往有着不同的形态型出现,这在当时也都被认为是种在发育中所必须经过的发育期^[6,13-20,24]。

直到 Fraser (1936) 以大量材料研究南极种 *Euphausia superba* 的发育时才正确地说明了不同形态型与真正发育期之间的关系^[9,9]。他发现,在腹肢发育阶段中,相邻的、在

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 290 号。

数量上占优势的形态型之間有着直接的联系,它們才是真正的发育期,其他出現数量少的形态型不过是某一正常发育期的个体变异。Fraser 这一概念的重要意义不仅在于提出了腹肢发育的可能进程,找出了确定腹肢发育阶段各发育期的方法,更重要的是它給了我們一个启示:第一,磷虾幼体在同一发育期的不同个体,在形态构造上并不都是相同的;第二,在发育过程中大部分个体有着相同的形态变化程式,因此我們有可能用数量分析的方法来确定它的正常发育期。在这以后,許多作者(John, Einarsson, Boden 等)都采用 Fraser 的概念比較正确地闡述了許多种的幼体发育^[4,5,7,12]。

也許这种形态变异在腹肢发育阶段表現比較突出,后来的作者似乎把注意力主要集中在腹肢发育的不同形态型的数量分析上。实际上,考虑到 Fraser 給我們的启示,不应当把注意力局限在某些形态型的分析上,一些具有連續性質的形态差异,同样也可以应用統計分析来确定它們的梯度变化。最近 Mauchline 在討論中曾設想采用体长頻数分布的方法^[21],这种設想是正确的,但他沒有提出这方面的結果。

二、材料和方法

我們这一工作仍以样品分析为基础。1958 年以来,在黄海南部和东海西部采集了大量的浮游生物样品,这些材料使我們完全有可能根据样品分析查明中华假磷虾的幼体形态变化。使用的样品有:用大、中型浮游生物网^[1]从底至表面垂直拖取的样品和 37 厘米口径 Juday 网(篩絹規格为 GG52)水平拖取的样品。

在确定各发育期的存在时,除应用形态比較方法以外,还应用体长頻数分布的分析来验证用形态方法所确定的結果,或是以此为綫索返回去找形态指标。这样做是基于以下几点考虑:(1)磷虾体长的增长和其他甲壳类一样是阶梯式的,坚硬的甲壳是生长的障碍,只有在一次蜕皮之后、新的甲壳硬化之前才得以增加体长,一俟新的甲壳硬化之后,体长也就固定了下来,这样就使幼体的每一发育期有着比較稳定的体长;(2)对于在自然条件下发育的羣体来說,由于每个个体在获得食物和其他环境因素上的机遇不同,各发育期的体长又必然变动在一个較寬的範圍內,而且相繼发育期的体长范围很可能是重迭的;(3)普遍的規律是,大多数个体的体长只变动在这个范围中間一个不大的区間內,极大和极小的个体出現頻数較小,也就是說接近正态分布;(4)如果各发育期的体长范围重迭不太大(也就是說經過一次蜕皮体长的增长足够大)的話,那么在体长頻数分布图上有几个峯出現就可說明有几个发育期。

本文中的体长是指在标本充分伸展的情况下,从額板(frontal plate)的前緣至尾节末端的长度。

三、发育阶段的划分和名称

Sars 提出的划分方法虽为以后作者普遍采用,但在后期阶段的划分上也存在一些不明确的地方。后来,Fraser (1936)对 Sars 的划分作了部分修改^[8]。他認為不应当特别看重第二触角的改变而取消了 *Cyrtopia*, 把 *Calyptopis* 以后、尾节具有成体形态以前的幼体統称为 *Furcilia*, 而其以后至性成熟前称为性成熟前期(Adolescent stage)。由于这样处理使整个幼体时期有了明确的后界,同时在幼体时期結束以前容易用形态标志确定

相继的发育期, 后来大多数作者都采纳了 Fraser 的作法^[3,4,5,7,12,21]。但也有不同意见。Gurney^[10,11] 在把磷虾的发育与十足类(主要是对虾派)作了详细的比较后, 指出磷虾与十足类有着相同的发育途径, 磷虾中的 Nauplius¹⁾, Calytopis, Furcilia 和 Cyrtopia 对应于十足类中的 Nauplius, Protozoa, Zoa 和 Post-larva; 尽管由 Furcilia 到 Cyrtopia 的变化不如十足类中由 Zoa 到 Post-larva 的变化明显, 而且仅在于第二触角的变化, 但联系到腹肢的发育来看, 它确实构成运动方式的改变, 因此不应取消 Cyrtopia。

我们同意 Gurney 的意见, 保留 Cyrtopia, 并把它看作幼体后期。当发育由 Furcilia 进入 Cyrtopia 时, 从形态上看, 由幼体到成体所必须经过的一些重要变态已经发生, 虽然暂时还保留着某些幼体时期的特征, 但已经具备了成体的基本形态特征; 从与生活习性密切相关的运动方式上看, 承担运动职能的肢体由头部转向腹部的这一过程也初步完成。因此, 不能再把 Cyrtopia 当作幼体阶段看待。也只有这样才能理解为什么发育进入 Cyrtopia 以后形态变化多是连续性的, 不再有变态发生。

从幼体阶段结束到性成熟是一个很长的阶段, 在这一阶段的初期还要经历一些形态变化, 后期则主要是性腺和外部性征的发育过程。为了区分这两个时期的发育特点, 我们以最后几对胸肢的分节完全和某些幼体特征的结束(尾节第二后侧的消失, 第一小颚外肢的变化)作为界限, 以前称为幼体后期, 以后称为性成熟前期。

在 Sars 的命名中 Calytopis, Furcilia 和 Cyrtopia 原是 Dana 最初将磷虾的幼体误作成体而订的裂足类的三个属名^[8], 后来 Sars 把它们沿用了下来作为相应发育阶段的名称。这些名称是磷虾特有的, 考虑到磷虾的发育与十足类中某些类群的共同性, 同时也考虑到各作者对这些阶段的划分有不同的处理, 名称含义不尽相同, 为了避免混乱, 本文将 Protozoa, Zoa 和 Post-larva 这些在十足类中广泛使用的名称分别代替 Calytopis, Furcilia 和 Cyrtopia。这样, 磷虾在孵化之后、性成熟以前所经过的发育阶段是: 无节幼体 (Nauplius), 后期无节幼体 (Metanauplius), 原蚤状幼体 (Protozoa), 蚤状幼体 (Zoa), 幼体后期 (Post-larva) 和性成熟前期 (Adolescent stage)。

四、幼体变态

1. 受精卵

成熟的卵子在受精之后并不离开母体, 而是纳入一对卵囊内。卵囊固着在母体生殖孔附近(图版 I, 图 1), 并在前端愈合; 这时第六胸肢内肢的第一、二两节随卵囊底部的形状向前弯曲成半圆形, 似有支托卵囊的作用。

卵子是一次排完的, 所有带有卵囊的雌性个体卵巢内已经没有成熟的卵子了。每个雌性个体一次所排出的卵数与个体大小有关, 一般个体大的排卵多, 个体小的排卵少。表 1 表示了三个样品(1959 年 7 月, 28°45'N, 122°00'E, 大型浮游生物网垂直拖取的样品和 29°00'N, 122°00'E 大、中型浮游生物网垂直拖取的样品)中带有卵囊的雌性个体的体长与卵囊中的卵数和卵径的关系。可以看出排卵的数目在不同体长的个体中相差很大, 最少的只有 20 个, 最多的可达 144 个。这只是一个例子, 实际范围可能还要大。虽然个

1) Gurney 在此处指的 Nauplius, 包括 Metanauplius。

体小的不一定比个体大的排卵少,但总的趋势表明排卵的数目是与体长成正比的。

表 1 不同体长雌性成体的抱卵数量及平均卵径
Table 1. Number of eggs contained in each pair of ovisacs and their average diameter in females of various sizes

体 长 (毫米) ¹⁾	卵 数 ²⁾	平均卵径(毫米) ³⁾	体 长 (毫米) ¹⁾	卵 数 ²⁾	平均卵径(毫米) ³⁾
8.7	32	0.30	10.8	77	0.29
9.0	28	0.29	10.8	95	0.30
9.3	28	0.29	10.9	80	0.29
9.4	65	0.28	10.9	106	0.28
9.6	20	0.30	11.0	58	0.29
9.6	46	0.29	11.0	77	0.29
9.8	51	0.29	11.0	79	0.29
9.8	53	0.29	11.0	95	0.29
10.0	38	0.29	11.0	100	0.30
10.0	44	0.29	11.1	86	0.29
10.0	46	0.29	11.1	99	0.30
10.0	57	0.29	11.2	75	0.30
10.2	59	0.29	11.3	74	0.29
10.2	61	0.29	11.3	80	0.30
10.2	87	0.29	11.3	114	0.28
10.4	61	0.29	11.4	107	0.29
10.4	70	0.30	11.5	73	0.29
10.5	57	0.29	12.0	86	0.30
10.5	58	0.29	12.2	95	0.29
10.6	100	0.28	12.4	117	0.31
10.7	77	0.29	13.0	144	0.29

Explanation: 1) body length, in mm; 2) number of eggs contained in each pair of ovisacs; 3) average diameter of eggs, in mm.

卵子呈姜黄色,一般为正圆形,卵径 0.27—0.32 毫米,绝大多数为 0.29 毫米。不论个体大小和怀卵量多少,卵子平均直径在个体间的差别很小。

受精卵的胚胎发育是在卵囊内进行的,同一母体卵囊中的卵子都处于相同的发育阶段。我们曾在不同母体的卵囊中找到过 2 细胞、4 细胞、8 细胞等不同时期的分割胚,其分割形式似为完全等分。

在接近孵化时,透过卵膜可以看到最初自由生活幼体的轮廓,这时卵囊多已破裂,但卵子仍维系在一起。

2. 后期无节幼体 (Metanauplius)

中华假磷虾最初孵化的幼体是后期无节幼体,我们从即将孵化的卵中剥出的幼体,除整个身体紧缩成球形外,具有典型的后期无节幼体的一切特征:只有两对肢体(第一触角和第二触角)发达,大颚肢 (mandibular legs) 消失,大颚、第一小颚、第二小颚和第一胸肢仅以雏形出现。

磷虾类中自由产卵的种类,初孵化幼体多为无节幼体 (Nauplius),一般经过两次蜕皮后才变成后期无节幼体。在抱卵的种类里,(如 *Pseudeuphausia* 和 *Nyctiphanes* 属),生

活史已查明者, 初孵化的幼体都是后期无节幼体或是假后期无节幼体 (*Pseudometanauplius*), 这似乎是一个规律。

根据从卵中剥出的后期无节幼体的形态, 我们在许多中型浮游生物网的样品中找到了自由生活的后期无节幼体。二者的形态完全一致, 不过后者较前者的身体充分伸展。值得指出的是, 除第一触角和第二触角外, 其他肢体各包被着一层薄膜。这说明后期无节幼体虽有口器发育但还不是职能器官, 还没有开始摄食。

后期无节幼体经过一次蜕皮即进入原蚤状幼体。我们在样品中找到的后期无节幼体也只有一个类型。在样品中, 后期无节幼体出现的数量远较原蚤状幼体为少, 这说明幼体在这个阶段延续的时间很短。

3. 原蚤状幼体 (*Protozoaea*)

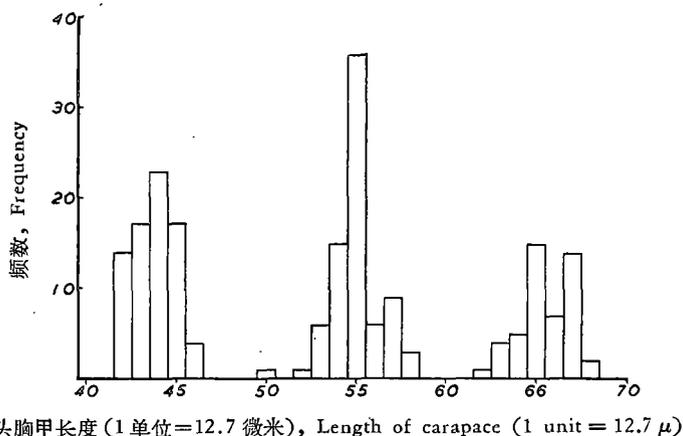
在早期发育史已经查明的种类里, 原蚤状幼体阶段都无例外地有三个发育期。除了种的特征以外, 这三个发育期的区分可归纳如下:

第一期原蚤状幼体 腹部分节。无尾肢出现。尾节上尾刺 6 个。

第二期原蚤状幼体 腹部分 6 节。尾肢开始发育, 但尚未形成, 不能动。尾节上尾刺 7 个。

第三期原蚤状幼体 腹部分 7 节。尾肢已经形成, 能动。尾节上尾刺 7 个。

我们在样品中也只找到三种不同形态的原蚤状幼体, 按照上述区分, 分别相当于第一、二、三期原蚤状幼体。为了验证这一形态区分的可靠性, 我们从一个样品 (1959 年 7 月, 29°00'N, 122°00'E 中型浮游生物网垂直拖取的样品) 中随机地取出了 200 个原蚤状幼体, 测量其头胸甲的长度, 然后作出长度频数分布图 (图 1)。从图中可以看出, 这些个体分布在三个互不相连的山形内, 这说明中华假磷虾在原蚤状幼体阶段的确有三个发育期。随后, 我们检查了这 200 个标本的形态特征, 发现: 处于第一个山形分布内的标本全部属于前述区分中的第一期原蚤状幼体, 第二个山形分布内的全部属于第二期, 第三个山形分布内的全部属于第三期。这证明了前述形态区分可以作为区分中华假磷虾三个原蚤状幼体发育期的依据。



头胸甲长度 (1 单位 = 12.7 微米), Length of carapace (1 unit = 12.7 μ)

图 1 原蚤状幼体的体长频数分布

Fig. 1. Length Frequency histogram of the Protozoaea stages

从尾节上尾刺数目的变化上也可以证明我们找到的三种形态的原蚤状幼体是三个相继的发育期。在第一期原蚤状幼体,尾刺为 6 个,在将要蜕皮的个体中,透过老的外皮可以看出下一发育期尾刺为 7 个,新增的尾刺在中央(图版 I, 图 10)。在临近蜕皮的第二期原蚤状幼体中,也可以看到下一发育期尾刺仍然是 7 个(图版 II, 图 2)。

幼体进入原蚤状幼体即开始摄食,口器部分已无薄膜包被,开始活动。原蚤状幼体经过三次蜕皮即进入蚤状幼体。

4. 蚤状幼体 (Zoea)

进入蚤状幼体以后,体现发育进展最明显的形态变化是腹肢的相继出现和发育。过去的作者也是以腹肢的发育程度来确定发育期的。腹肢发育的一般顺序是:先在前几个腹节上出现无刚毛的芽状腹肢;经过一次蜕皮,这些无刚毛的腹肢进一步发育并生出刚毛,原来无腹肢的后几个腹节再生出无刚毛的芽状腹肢;再经过一次蜕皮,后几对无刚毛的腹肢再进一步发育和生出刚毛。不同的种类,各发育期有刚毛和无刚毛腹肢的出现形式不同,但顺序大体是一致的。由于个体间的差异,同一种类同一发育期的个体,其腹肢出现形式也不尽相同。早期的学者,遇到多少类型就认为有多少发育期。Lebour 认为 *Furcilia* 最多可以有 14 个发育期,它们的腹肢发育形式是: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 1'2, 1'3, 1'4, 2'2, 2'3, 3'2, 4'1, 5'2)。实际上,可能出现的形式不止这 14 种。从已有的资料看,近岸种类个体变异大,出现的不同发育形式多;外海种类变异小,出现的形式也少。但对某一种类而言,不论出现多少形式,其中少数在数量上占优势的才代表真正的发育期,其他的不过是某一发育期的不同形态型(这一点是 Fraser 首先阐明的)^[8,9]。Fraser 通过比较相继的、在数量上占优势的形态型之间的关系,发现它们之间有着某种直接联系。即前一个优势型如果出现了几对无刚毛腹肢,那么在下一个优势型里这几对无刚毛腹肢便成为有刚毛,并生出后几对无刚毛腹肢。因此,他推测优势型才代表正常的发育期。Fraser 的概念虽然是合理的,但并不十分严格。我们在确定中华假磷虾蚤状幼体各发育期的存在时,除了应用 Fraser 的概念以外,还参考了其他可靠的形态标志,并用体长频数分布做了验证。

我们在一个样品(1960年8月, 29°00'N, 121°45'E, 水平拖网)中找到了 3,712 个蚤状幼体,共出现 14 种不同的腹肢发育形式,它们的数量见表 2。其中在数量上占优势的形

表 2 蚤状幼体不同腹肢发育形式的出现数量

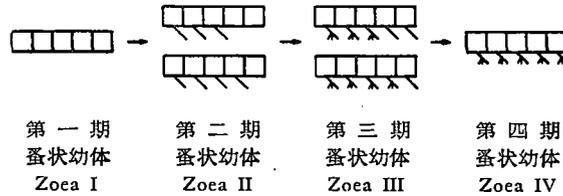
Table 2. Frequency of various forms judged from the pleopod development in Zoea

腹肢发育形式 ¹⁾	频 数 ²⁾	腹肢发育形式 ¹⁾	频 数 ²⁾
0	1,074	2'2	18
1	4	2'3	17
2	65	3'1	11
3	632	3'2	447
4	430	4'0	4
1'2	1	4'1	445
1'4	1	5'	563

Explanation: 1) forms; 2) frequency.

2) 右上角有“'”号的数字代表有刚毛腹肢的对数,无“'”号者代表无刚毛腹肢的对数。

式有: 0, 3, 4, 3'2, 4'1, 5'。根据它们之间的联系推测, 0 型代表第一个发育期, 3 型和 4 型代表第二个发育期, 3'2 型和 4'1 型代表第三个发育期, 5' 型代表第四个发育期。它们的腹肢发育顺序可以用下面的图解表示:



为了进一步验证这四个腹肢发育阶段是否相当于四个发育期, 我们作出了这 3,712 个标本的体长频数分布图(图 2)。可以看出, 图中只有四个山形分布, 说明有四个发育期存在。再把这 3,712 个标本按照上述图解所表示的原则区分开, 并绘出各自的频数分布曲线(图 2 中的曲线), 这四条曲线分别与总频数分布中的四个山形相吻合。这就证明了中华假磷虾的上述四个腹肢发育阶段对应于四个发育期。

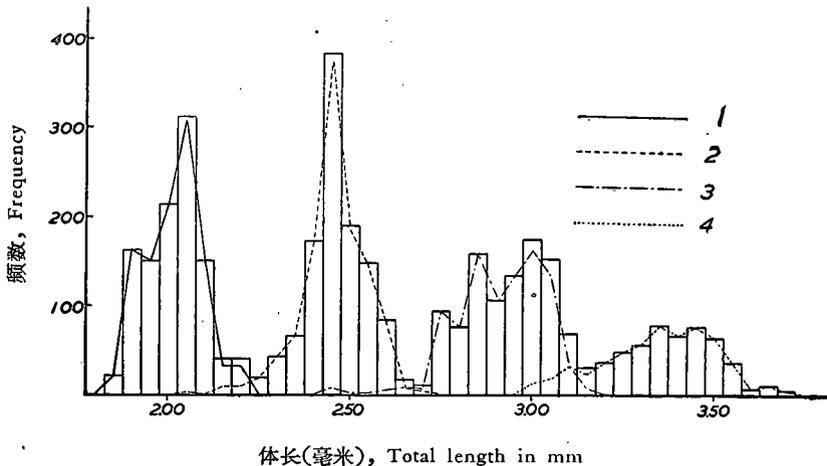


图 2 蚤状幼体的体长频数分布

1. 第一期蚤状幼体, 2. 第二期蚤状幼体, 3. 第三期蚤状幼体, 4. 第四期蚤状幼体。

Fig. 2. Length frequency histogram of the Zoeca stages

1. Zoeca I; 2. Zoeca II; 3. Zoeca III; 4. Zoeca IV.

另外, 尾节上尾刺数目的变化也可以证明上述四个发育期的确是四个相继的发育期。它们尾刺数目的变化是: 7→5→3→1。第一期尾刺为 7 个, 在临近蜕皮的标本中透过老的外皮可以看到下一发育期尾刺将减为 5 个(图版 III, 图 3)。同样, 在临近蜕皮的第二期个体也可以看到在下一个发育期尾刺将减为 3 个(图版 IV, 图 1); 在临近蜕皮的第三期个体可以看到下一发育期尾刺将减为 1 个(图版 IV, 图 3)。

中华假磷虾蚤状幼体四个发育期的主要鉴别特征可归纳如下:

第一期 无腹肢出现。尾节上尾刺 7 个。

第二期 只有无刚毛的芽状腹肢出现。尾节上尾刺 5 个。

第三期 前几对腹肢具刚毛,后几对无刚毛或尚未出现。尾节上尾刺 3 个。

第四期 5 对腹肢均具刚毛。尾节上尾刺 1 个。

第四期蚤状幼体再经过一次蜕皮即进入幼体后期。

5. 幼体后期 (Post-larva)

这里指的幼体后期相当于 Sars 的 *Cyrtopia*。

中华假磷虾尾节附刺的变化很早,当第二对后侧刺消失时第六胸肢还远没有发育完全(仅为不分节的芽状),因此我们以胸肢的发育完全和第一小颚外肢的变化作为进入性成熟前期的标志。

中华假磷虾在幼体后期除第二后侧刺的消失外,其他形态变化都是连续性的,因此很难用形态特征确定各发育期的存在。我们只能从体长频数分布图上判断发育期的数目,把相应体长范围内多数个体具有的形态特征作为各发育期的特征。我们在一个样品(1960年8月,29°00'N,121°45'E,水平拖网)中找到了1,958个第二触角内、外肢分化为触鞭和鳞片以后的标本,绘出了它们的体长频数分布图(图3)。图中从左向右至少可以看出3—4个明显的峰。在第四个峰所处的体长上,第六胸肢内肢分节完全;这时第一小颚出现假外肢,而外肢仍保持原有形态不变。这说明中华假磷虾在幼体后期可能有四个发育期。

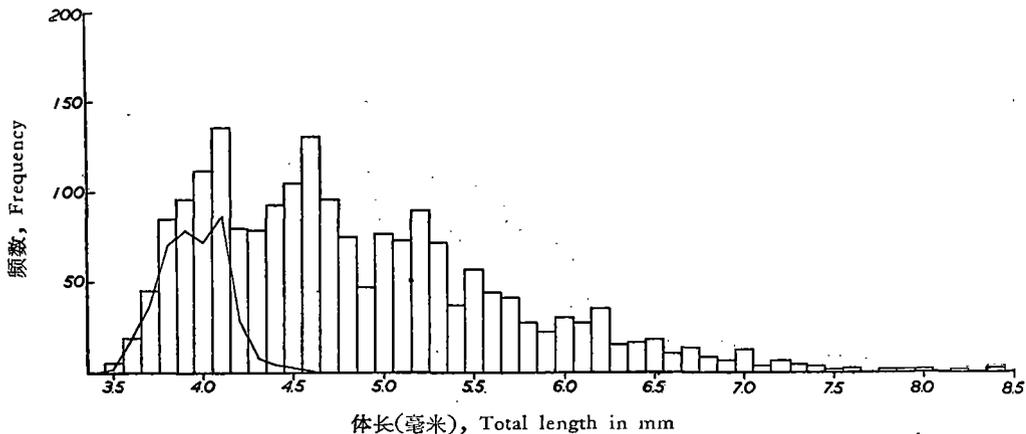


图3 幼体后期及其以后一些发育期的体长频数分布(图中曲线为第一期幼体后期)

Fig. 3. Length frequency histogram of Post-larval and subsequent stages

中华假磷虾发育到幼体后期阶段,尾刺已减至1个,但较小的个体中仍保留有第二后侧刺。我们将上述1,958个标本中有第二后侧刺的挑出来(404个),单独测量它们的体长,并把它们的频数分布曲线绘在图3中,可以清楚地看到,这条曲线与总频数分布中的第一个峰相吻合。这说明第二后侧刺是在进入第二期幼体后期时消失的,也就是说有第二后侧刺可以作为第一期幼体后期的鉴别特征。

在相当于第四期幼体后期体长上的个体,第一小颚出现假外肢(pseudoexopod),而外肢仍保持整个幼体时期的形态不变。这一点可以作为第四期幼体后期的鉴别特征。在体长比第四期再大一些的个体中,第一小颚外肢将失去外侧的一根长大而弯曲的羽状刚毛,且在以后不再发生变化。必须指出,中华假磷虾第一小颚的外肢(或称幼体外肢 larval exopod)终生保留,这是与其他磷虾显著不同之处。

五、幼体形态描述

1. 后期无节幼体 (*Metanauplius*) (图版 I, 图 2—8)

体长 0.36—0.41 毫米, 平均 0.38 毫米。

身体接近球形, 大部分身躯为头胸甲所覆盖。头胸甲帽状, 无刺或其他附属物; 前缘稍突出; 两侧大颚以后的部分向腹面伸展, 恰似两个帽耳。头部近腹面中央有一中眼, 近背面两侧可以看到一对复眼的瓣形。腹部短小, 卷曲在身体的腹面。腹部背面近后缘有一对半圆形的突起, 其上各有 5—6 根刺。

附肢只有第一触角和第二触角发达, 伸向两侧, 为游泳器官。第一触角单肢不分节, 末端有 3 根刚毛。第二触角双肢, 基肢不分节; 内肢亦不分节, 末端具刚毛 4 根; 外肢末端分为多节, 具刚毛 6 根。大颚、第一小颚、第二小颚和第一胸肢瓣形, 连同刚毛在内均包被着一层薄膜。大颚无触鬚。第一小颚和第二小颚基本上具有了整个幼体时期所具有的轮廓, 但刚毛短小而柔软。第一胸肢双肢, 分节尚不清楚, 仅末端有刚毛。

第一胸肢以后肢体尚未出现。

2. 原蚤状幼体 (*Protozoaea*)

第一期 (图版 I, 图 9—13)

体长 0.80—0.82 毫米, 平均 0.81 毫米。

头胸甲帽状, 无任何附属物; 两侧缘在第二触角伸出的部位略略凹进。透过头胸甲可以清楚地看到复眼的瓣形。仍有中眼出现。腹部伸长, 直伸向后方, 尚未分节。在尾部, 近后端的腹面两侧有 1 对短刺; 末端有 3 对后侧刺, 内侧者最长, 外侧者最短; 尾刺 6 个, 中间者短, 两侧者长。

第一触角和第二触角发达, 为游泳器官。第一触角与后期无节幼体者相似, 无明显变化。第二触角, 基肢两节; 内肢不分节, 近末端 1/3 处的内侧有刚毛 1 根, 末端具刚毛 4 根; 外肢分 6 节, 末 5 节短小, 各节的内末角上有 1 根刚毛。大颚、第一小颚、第二小颚和第一胸肢已无薄膜包被。大颚明显地分为切齿部和臼齿部, 触鬚尚未出现或仅出现一乳头状突起。第一小颚, 基肢外缘无突起, 内缘有两个突起(即咀嚼叶 *masticatory lobes*), 第一个突起的形状和附属物与整个幼体时期者相似, 第二个突起远较成体或较后期的幼体为小, 内缘具棘状刺 2 个; 内肢分两节; 外肢甚小, 不分节, 其上有 4 根羽状刚毛。第二小颚各部分的分化与成体相似, 只是内肢和基肢各叶上的刚毛远较成体为少; 另外基肢第二节外缘有一小突起, 其上着生着 1 根羽状刚毛, 这一突起在蚤状幼体尤其明显。第一胸肢, 基肢两节, 内缘具刚毛; 内肢两节, 第一节内缘具刚毛两根, 第二节末端具刚毛 4 根; 外肢不分节, 末端具刚毛 4 根。

第一胸肢以后的肢体尚未出现。

第二期 (图版 II, 图 1—5)

体长 1.05—1.14 毫米, 平均 1.08 毫米。

体形与第一期相似。头胸甲除进一步伸长外没有重大变化。腹部也相应伸长, 并清楚地分为 6 节, 最后两节尚未分开。尾部有侧刺 1 对、后侧刺 3 对、尾刺 7 个, 新增的尾刺在中央。尾肢开始发育, 但仅具瓣形, 不能活动。

第一触角已经分出柄部和上、下鞭，柄部3节，上、下鞭短小不分节，顶端具刚毛。第二触角无重大变化。大颚触鬚出现，短指状。第一小颚基肢第二突起上的棘状刺增至4个，前排3个后排1个；内肢不分节。第二小颚和第一胸肢无重大改变。

第一胸肢以后的肢体尚未出现。

第三期（图版 II，图 6—9）

体长 1.38—1.70 毫米，平均 1.53 毫米。

体形与前两个发育期相似，头胸甲形状无明显变化。复眼的发育已进入后期，但仍为头胸甲所覆盖，头部前端的大部分空间为其占据。腹部进一步伸长，末两节已分开。尾部附属物无变化，尾刺仍为7个。尾肢已分化出来，可以分清基肢和内、外肢，能活动。

第一触角柄部第一节加大，长度为柄部全长的 1/2，并在外末角上生出一长刺，即触角刺（antennular spine），其前端略超过柄部第三节的前缘；两鞭短小，不分节。第二触角无显著变化。大颚触鬚比前一发育期略长，不分节亦无任何附属物。第一小颚基肢第二突起上的棘状刺增至6个，前排4个后排2个。第二小颚和第一胸肢仍无明显变化。

在第一胸肢之后有一对极不明显的突起，可能是第二胸肢的雏形。

3. 蚤状幼体（Zoea）

第一期（图版 III，图 1—10）

体长 1.85—2.20 毫米，平均 2.02 毫米。

头胸甲不再是帽状，已初步具有了成体的样子。额板（frontal plate）远较成体为宽，两外角突出成刺状，前缘略弓出。头胸甲的两侧缘近后部各有一钩状刺。复眼已经形成并伸出头胸甲之外，在眼柄的侧后面各有一发光器。腹部长度为头胸甲的 1.3—1.4 倍，肛门前刺（preanal spine）出现。尾节伸长，有1对侧刺、3对后侧刺和7个尾刺。尾肢发达，其末端可达尾节的中部。

第一触角，柄部第一节比第三期原蚤状幼体时更加长大，触角刺伸至柄部第三节的前缘；两鞭略略增长，仍不分节。第二触角，基肢两节，成弧状弯向外侧；内肢仍不分节，长度为外肢的 1.5 倍；外肢约分 6—7 节。大颚触鬚呈长棘状。第一小颚基肢内侧第二突起加宽，具棘状刺 8 个，前排 5 个后排 3 个。第二小颚基肢第二节外缘的突起非常明显，外缘有细毛。第一胸肢仍保持原蚤状幼体时期的样子不变。

在这一发育期，第二和第三胸肢已经出现。在不同体长的个体中其发育程度不同。在较小的个体（1.90 毫米）中，第二胸肢为分枝的芽状，不分节也没有刚毛；较长的一枝为内肢，较短的一枝为外肢，基肢内侧的半圆形突起是鳃的雏形。第三胸肢仅为乳头状突起。在较大的个体（2.10 毫米）中，第二胸肢已明显地分出基肢、内肢和外肢；基肢不分节，内侧有一乳头状的鳃；内肢 5 节，外肢不分节，内外肢均无刚毛。第三胸肢短指状，虽无明显的构造但可以看出分枝的趋势。随着体长的不同，中间还有许多过渡类型。

无腹肢出现。

第二期（图版 III，图 11—17；图版 IV，图 1）

体长 2.05—2.70 毫米，平均 2.46 毫米。

幼体在这一发育期出现无刚毛的芽状腹肢，从出现的对数看共有四个类型，它们的平均体长是：

腹肢发育形式	1	2	3	4
平均体长(毫米)	2.27	2.35	2.44	2.50

头胸甲的形状与前一发育期相似, 仅略有增长。腹部和尾节也相应伸长。尾节具侧刺 1 对、后侧刺 3 对、尾刺 5 个。尾肢增长, 达尾节长的 3/5。

第一触角, 触角刺缩短, 其前端伸至柄部第三节的 2/3 处; 两鞭加长, 但仍不分节。第二触角无明显变化。大颚触鬃略有增长, 仍为长棘状。第一小颚基肢第二突起上的棘状刺增至 10 个, 前排 6 个后排 4 个。第二小颚和第一胸肢无明显变化。

第一胸肢以后的胸肢发育程度, 和腹肢一样, 也是与体长成正比的。对多数个体来说, 第二胸肢的内肢已清楚地分节并具刚毛, 外肢不分节顶端具 1 根刚毛, 鳃已分为两枝; 第三胸肢为分枝的芽状; 第四胸肢长乳头状, 但已有分枝的迹象。其他胸肢尚未出现。在腹肢发育相同的个体中, 胸肢的发育也不尽相同, 主要与体长有关。

所有出现的腹肢构造相同, 无刚毛, 仅能分出基肢和外肢。

第三期 (图版 IV, 图 2—11)

体长 2.45—3.15 毫米, 平均 2.92 毫米。

从有刚毛和无刚毛腹肢的配置形式看, 共出现八个类型的个体, 它们的平均体长是:

腹肢发育形式	1'2	1'4	2'2	2'3	3'1	3'2	4'0	4'1
平均体长(毫米)	2.55	2.70	2.63	2.81	2.80	2.89	2.90	2.96

这些不同腹肢发育形式的个体, 除胸肢的发育有差别外, 其他特征基本相同。

头胸甲与前一发育期相似, 额板稍有变窄。腹部侧甲板已很明显。尾节伸长, 末端逐渐变瘦; 第三对后侧刺加宽, 尾刺减为 3 个。尾肢已相当发达, 长达尾节的 2/3。

第一触角, 触角刺缩短至柄部第三节的 3/5 处; 上、下鞭显著加长, 各分 3 节。第二触角仍无变化。大颚触鬃仍为长棘状。第一小颚基肢第二突起上的棘状刺增至 12 个, 前排 7 个后排 5 个。第二小颚和第一胸肢无明显变化。

第二胸肢已初步具有了成体的样子, 内肢伸长并在第二、三节之间弯曲; 外肢顶端具刚毛 5 根; 鳃已相当发达, 双枝; 基部的发光器尚未形成。第三胸肢的发育情况与前一发育期的第二胸肢相似。第四胸肢, 内肢刚刚开始分节, 界限尚不十分清楚, 顶端具刚毛 1 根; 外肢短小, 无刚毛; 鳃已开始分为两枝。第五胸肢刚刚出现, 芽状。第六胸肢尚未出现。第三至第五胸肢的发育程度随体长不同而有差别。

腹肢的发育类型前已述及。前几对有刚毛的腹肢, 外肢比较发达, 顶端多具刚毛 6 根; 内肢非常短小, 与基肢间的界限不清楚, 末端具刚毛 1 根, 在未来出现内附肢的部位有两个小钩。后几对无刚毛的腹肢, 仅能分出基肢和外肢。

在少数个体中尾刺的数目是有变异的。表 3 表示表 2 中相当于第三期蚤状幼体的各不同腹肢发育形式里, 尾刺数目不同的个体所占的数量。有 2 或 4 个尾刺可以看做是一种偶然变异。有 1 或 5 个尾刺就不能一概归因于变异, 参考了其他特征看, 其中多数应当是属于前一个或后一个发育期的个体; 只有少数可以看做是变异或不正常发育, 譬如, 3'2 型中有一标本尾刺是 5 个, 但透过外皮可以看出下一发育期尾刺将直接变为 1 个 (图版 IV, 图 4)。上述材料除说明尾刺数目的变异外, 还说明腹肢的发育虽然有一条为大多数个体所遵循的路径, 但从整个群体看, 是非常复杂的, 发育状况相同的个体并不都是沿同

一路綫发育而来的,所經過的蛻皮次数也有可能不同。

表 3 相当于第三期蚤状幼体的各腹肢发育形式里,尾刺数目不同的个体的頻数
Table 3. Frequency of various forms in Zoea III arranged according to
the number of terminal spines on telson

发育形式 ¹⁾ 尾刺数目 ²⁾	1'2	1'4	2'2	2'3	3'1	3'2	4'0	4'1
5	1	—	1	2	—	6	—	—
4	—	—	1	1	—	—	—	20
3	—	1	15	14	11	437	1	361
2	—	—	1	—	—	—	—	16
1	—	—	—	—	—	4	3	48

Explanation: 1) form of pleopod development; 2) number of terminal spines.

第四期 (图版 IV, 图 12—19)

体长 3.0—3.7 毫米,平均 3.4 毫米。

头胸甲形状无明显变化。腹部进一步增长,約为头胸甲全长的两倍。尾节显著加长,由基部向末端逐渐变瘦;侧刺 1 对;后侧刺 3 对,第三对后侧刺寬大;尾刺 1 个(实际上已成为尾节末端的延伸部分)。尾肢发达,长达尾节的 3/4。

第一触角,触角刺縮短至柄部第三节的 2/5—1/2 处;两鞭伸长,长度約与柄部相等,各分 5 节。第二触角仍无明显变化。大顎触鬚仍为长棘状。第一小顎基肢第二突起上的棘状刺多为 12 个,前排 7 个后排 5 个;少数个体为 13 个,前排 8 个后排 5 个。第二小顎基肢第二节外侧的突起已不明显,其下方另外出現 1—2 根羽状刚毛。第一胸肢在多数个体中无明显变化;在較大的个体里,內肢已有进一步分节的迹象,整个肢体仍弯向前方。

第二和第三胸肢已接近成体样子,鰓二分枝。第二胸肢基部的发光器已初步形成。第四胸肢已接近前两对胸肢的样子,但短小,內肢第二、三节之間的弯曲程度也不如前两对胸肢明显。第五胸肢与前一发育期的第四胸肢相似,长芽状,內肢已有分节的迹象,末端具刚毛 1 根。第六胸肢剛出現,乳头状。第四胸肢以后几对胸肢的发育程度随体长大小稍有不同。

5 对腹肢全部具刚毛,但发育程度前后有所不同。一般前一发育期有刚毛的腹肢,外肢具刚毛 7 根;內肢已明显分出,頂端具刚毛 2 根。前一发育期无刚毛的腹肢,外肢具刚毛 6 根;內肢短小,頂端具刚毛 1 根。所有腹肢的內附肢均未分化出来,仅在将来出現內附肢的部位有两个小鈎。第一对腹肢間的发光器已經在发育。

4. 幼体后期 (Post-larva)

第一期 (图版 V, 图 1—5)

体长 3.5—4.5 毫米,平均 4.0 毫米。

体形与成体相似。头胸甲額板仍很寬,側鈎大而明显。腹部側甲板非常发达。尾节的形状已接近成体,具侧刺 1 对,后侧刺 3 对;第一后侧刺最小,第二后侧刺长大,第三后侧刺叶片状;尾节末端延伸成刺状。尾肢发达。发光器,眼柄上和第二胸肢基部上的两对相当明显,第一对腹肢間的 1 个刚刚形成。

第一触角, 触角刺已缩短至柄部第三节的 $2/5$ 处; 两鞭进一步加长, 上鞭约为柄部的 1.3 倍, 下鞭约为柄部的 1.8 倍, 各分十数节。第二触角, 内、外肢已分化为触鞭和鳞片; 触鞭由柄和鞭两部分组成, 柄部 2 节, 鞭部分为多节; 鳞片内缘呈弧状, 具刚毛, 外缘平直无刚毛; 基肢第一节的外末角突出成长刺状。第二触角的分化程度在不同体长的个体中有些不同, 特别是鞭部的长度和节数。大颚触鬃消失。第一小颚基肢第二突起上的棘状刺有 14 个, 前排 8 个后排 6 个; 少数个体为 13 个, 前排 8 个后排 5 个。第二小颚基肢第二节外缘的突起已极不明显, 整个外缘形成一个隆起, 其上除原有的 1 根羽状刚毛外另外有 3 根较短的羽状刚毛。

第一胸肢已由辅助口器变为正常的胸肢, 内肢分 5 节, 末 3 节略弯向后方, 无鳃。

第二至第四胸肢已初具成体的样子, 鳃仍为二分枝。第五胸肢内肢已经分节, 具刚毛, 但远较第四胸肢为小, 第二、三节之间的弯曲也不明显, 鳃二分枝; 在较小的个体里, 内肢仅为棒状, 末 3 节分节尚不清楚。第六胸肢一般为乳头状, 在较大的个体里为略有分肢趋势的长乳头状; 鳃发达, 已有第三分枝出现。第七和第八胸肢的位置上只有乳头状的鳃出现。

前几对腹肢较为发达, 外肢具刚毛 7—9 根, 内肢具刚毛 2 根, 内附肢尚未出现, 或仅为—低的隆起。后两对腹肢较小, 外肢具刚毛 5—7 根, 内肢具刚毛 1 根, 无内附肢出现。

第二期 (图版 V, 图 6, 7)

体长 4.6 毫米左右。

体形与前一期相似。头胸甲额板由于逐渐变窄而显得伸长。尾节瘦长, 具侧刺 1 对或 2 对, 第二后侧刺消失, 第三后侧刺叶片状。尾肢已相当发达, 长达尾节的 $4/5$ 。所有发光器均已出现。

第一触角, 触角刺已缩短至柄部第二节的前缘; 柄部第一节的前缘有一帽缘状的突出物 (在成体将形成齿脊), 平滑无齿; 上、下鞭进一步伸长和分节, 上鞭约为柄长的 1.8 倍, 下鞭约为柄长的 2.2 倍。第二触角触鞭进一步伸长和分节, 其长度约为鳞片的 3.8 倍。大颚触鬃不复出现。第一小颚和第二小颚无明显变化。

第一胸肢已具有正常胸肢的形态, 但较第二胸肢为短, 内肢第二、三节之间的弯曲程度也不如后几对胸肢明显, 无鳃。

第二至第四胸肢更加接近成体, 鳃已有第三分枝出现。第五胸肢形态已与前几对相似, 但显著为短。第六胸肢长芽状, 已明显地分出内、外肢, 不分节亦无刚毛 (有的个体内肢顶端有一短小的刚毛), 鳃四分枝。在相当于第七胸肢基部的部位只有鳃出现, 较小, 四分枝, 鳃的基部后侧有发光器。在相当于第八胸肢基部的部位也只有鳃出现, 鳃短小分为多枝。

腹肢进一步发育。前几对腹肢, 外肢刚毛多为 10 根, 内肢刚毛多为 4 根; 内附肢已明显地分化出来, 姆指状。值得指出的是, 在一部分个体中, 第一对腹肢内肢刚毛的数目和内附肢的发育程度常落后于第二对腹肢。这可能是雄性个体外部性征发育的前兆。后两对腹肢, 外肢多具刚毛 9 根, 内肢具刚毛 2 根, 内附肢仅为—低的隆起。

第三期 (图版 V, 图 8, 9)

体长 5.2 毫米左右。

头胸甲额板进一步变窄。尾节瘦长,侧刺 2 或 3 对(有的个体一侧 2 个一侧 3 个),后侧刺 1 对,片状刺(即第三后侧刺) 1 对。尾肢发达,内肢可伸至片状刺的基部。

第一触角,触角刺已缩短至柄部第二节的 4/5 处;柄部第一节背前缘的帽缘状突起上具齿 1—3 个(其中只有 1 个较长,其他 1 个或 2 个较短);柄部第二节的背前缘亦有 1—3 个刺状突起;两鞭进一步伸长并分节。第二触角鞭部也相应增长。大颚无触鬚。第一小颚基肢第二突起上的棘状刺多为 15 个,前排 9 个后排 6 个。第二小颚无明显变化。

第一胸肢形态与后几对胸肢相似,无鳃。

第二至第五胸肢接近成体,鳃三分枝。第六胸肢内肢棒状,具刚毛,末 3 节短小不分节,或分节不清楚,其与第二节之间的弯曲极不明显;外肢短小,无刚毛;鳃四分枝。第七胸肢处的鳃四分枝。第八胸肢处的鳃分为多枝。

腹肢进一步发育。前几对腹肢,外肢多具刚毛 10—12 根,内肢多具刚毛 5—6 根,内附肢指状。后一两对腹肢,外肢多具刚毛 10—11 根,内肢多具刚毛 4 根,内附肢乳头状。

第四期 (图版 V, 图 10—16)

体长 5.6 毫米左右。

头胸甲额板进一步变窄和伸长,表面中央略凹。尾节仍具侧刺 2 或 3 对。尾肢发达,内肢伸至片状刺的基部。

第一触角,触角刺缩短至柄部第二节的 1/2 处;柄部第一节背前缘的突起上具长齿 3—4 个;柄部第二节的背前缘有一弧形凹陷,其中有 3—4 个长刺;两鞭进一步伸长并分节。第二触角触鞭进一步加长。大颚无触鬚。第一小颚基肢第二突起上的棘状刺为 16 个,前排 9 个后排 7 个;假外肢出现,无刚毛,其顶端不超过外肢的基部;外肢形态无变化。

第一胸肢与后几对胸肢相似,无鳃。

第二胸肢至第五胸肢接近成体,鳃已有第四分枝出现。第六胸肢内肢已分节完全,末 3 节短小,第二、三节之间略微弯曲;外肢具刚毛;鳃四分枝。第七胸肢处的鳃仍为四分枝。第八胸肢处的鳃复杂,分为多枝。

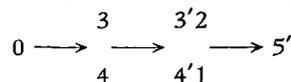
腹肢进一步发育。前几对腹肢,外肢多具刚毛 12—14 根,内肢多具刚毛 6 根,内附肢指状。后几对腹肢,外肢多具刚毛 10—12 根,内肢多具刚毛 4—6 根,内附肢短指状。

结 语

1. 中华假磷虾没有自由生活的无节幼体阶段,初孵化的幼体即为后期无节幼体。后期无节幼体阶段极为短暂,在样品中出现的数量很少。幼体在这一阶段还不能自行摄食。

2. 后期无节幼体经过一次蜕皮进入原蚤状幼体阶段,并开始摄食。原蚤状幼体阶段共有三个发育期。

3. 蚤状幼体阶段有四个发育期。从腹肢发育上看,出现的形态型有 14 种之多。但其中只有 0, 3, 4, 3'1, 4'1 和 5' 型在数量上占优势。因此,腹肢发育的主要程式为:



4. 第四期蚤状幼体再经过一次蜕皮即进入幼体后期。这时第二触角已从运动器官变为感觉器官,在形态上和习性上已与成体接近。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院海洋研究所浮游生物组, 1959. 统一浅海区浮游生物调查方法的建议. 海洋与湖沼 2(2): 67—71.
- [2] 王 荣、陈宽智, 1963. 假磷虾一新种——中华假磷虾 (*Pseudeuphausia sinica* sp. nov.) 的描述. 海洋与湖沼 5(4): 353—359.
- [3] Bary, B. M., 1956. Notes on ecology, systematics, and development of some Mysidacea and Euphausiacea (Crustacea) from New Zealand. *Pacific Science*, 10(4):431—467, text-figs. 1—19.
- [4] Bodén, B. P., 1951. The egg and larval stages of *Nyctiphanes simplex*, a euphausiid crustacean from California. *Proc. Zool. Soc. London*, 121(3):515—527, text-figs. 1—5.
- [5] ———, 1955. Euphausiacea of the Benguela Current, first survey, R. R. S. “William Scoresby”, March 1950. *Discovery Reports*, 27:337—376, text-figs. 1—24.
- [6] Brook, G. and W. E. Hoyle, 1888. The metamorphosis of British Euphausiidae. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, 15:414—426, text-figs. 1—2. (not seen: *vide* Fraser, 1936).
- [7] Einarsson, H., 1945. Euphausiacea I. Northern Atlantic species. *Dana Report*, 27:1—185, text-figs. 1—84.
- [8] Fraser, F. C., 1936. On the development and distribution of the young stages of krill (*Euphausia superba*). *Discovery Reports*, 14:1—192, text-figs. 1—76.
- [9] ———, 1937. Early larval development of Euphausiacea. *Proc. Linnean Soc. London*, 149th Session (1936—7), pt. 2:89—94.
- [10] Gurney, R., 1942. Larvae of decapod Crustacea. *London, Ray. Soc.*, pp. 1—306, text-figs. 1—122.
- [11] ———, 1947. Some notes on the development of the Euphausiacea. *Proc. Zool. Soc. London*, 117(1):49—64, text-figs. 1—8.
- [12] John, D. D., 1936. The southern species of the genus *Euphausia*. *Discovery Reports*, 14:193—324, text-figs. 1—40.
- [13] Lebour, M. V., 1924. The Euphausiidae in the neighbourhood of Plymouth and their importance as herring food. *J. Mar. Biol. Ass., U.K.*, 13(2):402—432, pls. 1—6.
- [14] ———, 1925. The Euphausiidae in the neighbourhood of Plymouth, II. *Nyctiphanes couchii* and *Meganctiphanes norvegica*. *Ibid.*, 13(4):810—846, pls. 1—9.
- [15] ———, 1926a. The Euphausiidae in the neighbourhood of Plymouth, III. *Thysanoessa inermis*. *Ibid.*, 14(1):1—21, pls. 1—5.
- [16] ———, 1926b. The young of *Stylocheiron suhmii* G. O. Sars and *Stylocheiron abbreviatum* G. O. Sars from Mediterranean plankton collected by Mr. F. S. Russell in the neighbourhood of Alexandria, Egypt. *Proc. Zool. Soc. London*, 1926, pt. 1:203—211, text-figs. 1—3.
- [17] ———, 1926c. On some larval euphausiids from the Mediterranean in the neighbourhood of Alexandria, Egypt, collected by Mr. F. S. Russell. *Ibid.*, 1926, pt. 3:765—776, text-figs. 1—4.
- [18] ———, 1926d. A general survey of larval euphausiids, with a scheme for their identification. *J. Mar. Biol. Ass., U. K.*, 14(2):519—527, text-fig. 1.
- [19] Macdonald, R., 1927. Irregular development in the larval history of *Meganctiphanes norvegica*. *J. Mar. Biol. Ass., U.K.*, 14(3):785—794, text-fig. 1, pl. 1.
- [20] ———, 1928. The life history of *Thysanoessa raschii*. *Ibid.*, 15(1):57—78, pls. 1—7.
- [21] Mauchline, J., 1959. The development of the Euphausiacea (Crustacea) especially that of *Meganctiphanes norvegica* (M. Sars). *Proc. Zool. Soc. London*, 132(4):627—639, text-figs. 1—4.
- [22] Rustad, D., 1930. Euphausiacea, with notes on their biogeography and development. *Sci. Results Norwegian Antarct. Expeds. 1927—1928 and 1928—1929*, 5:1—83, text-figs. 1—51, pls. 1—7.
- [23] Sars, G. O., 1885. Report on the Schizopoda collected by H. M. S. “Challenger” during the years 1873—76. *The Voyage of H. M. S. “Challenger”, Zoology*, 13:1—228, text-figs. 1—4, pls. 1—38.
- [24] Tattersall, W. M., 1936. Mysidacea and Euphausiacea. *Great Barrier Reef Exped. 1928—29, Sci. Reports*, 5(4):143—176, text-figs. 1—14.

ON THE LARVAL STAGES OF *PSEUDEUPHAUSIA* *SINICA* WANG & CHEN (EUPHAUSIACEA)

WANG RONG

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

(ABSTRACT)

The material on which the present work is based was collected from the East China Sea and the Yellow Sea during the years 1958—1960. The developmental stages are determined by comparison of the morphological characters of its larval forms found in plankton samples and by analysis of its length frequency distribution. In this paper, the terms Protozoa, Zoea and Post-larva used in decapod nomenclature are employed instead of the old names Calyptopis, Furcilia and Cyrtopia of Sars.

The main results obtained are as follows:

1. The fertilized eggs are deposited in two ovisacs and are developed there until hatching. The number of eggs contained in the ovisacs is proportional to the size of the female (see Table 1).

2. Nauplius stages are passed within the egg membrane. The larva dissected from the egg just before hatching is a typical Metanauplius. Freeswimming Metanauplii, however, were rarely found in the plankton sample. This may indicate that the Metanauplius stage is very transitory in its larval history.

3. Three different forms were found in Protozoa. Judging from their length frequency distribution (text-fig. 1), each of them represents an actual stage. The main characters of these stages are given below:

First stage—Abdomen unsegmented. Telson with six terminal spines. Uropods not yet developed.

Second stage—Abdomen with six segments, the seventh segment not yet separated from the sixth. Telson with seven terminal spines. The developing uropods can be seen within the integument.

Third stage—Abdomen with seven distinct segments. Telson with seven terminal spines. Uropods present.

4. Fourteen different forms of pleopod development were found in Zoea (see Table 2), of which 0, 3, 4, 3'2, 4'1, and 5' are dominant. According to Fraser's conception, the path of pleopod development may be formulated as

$$0 \longrightarrow 3 \begin{matrix} \circ \\ \longrightarrow 4 \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} 3'2 \\ 4'1 \end{matrix} \longrightarrow 5'$$

The length frequency histogram (text-fig. 2) clearly shows that each step in the pleopod development represents one developmental stage.

The change in number of the terminal spines on the telson also provides further evidence to illustrate that the four stages judged from the pleopod development are successive stages. In the individuals just before moulting the number of terminal spines in the following stage can be seen through the old integument (Pl. III, fig. 3; Pl. IV, fig. 1;

Pl. IV, fig. 3).

5. Judging from the data of frequency distribution, there may be four stages in Post-larva. The second pair of postero-lateral spines on the telson has disappeared in the second stage. In the fourth stage the pseudoexopod of the first maxilla is present, and the sixth thoracic leg is fully segmented. It must be emphasized that in this species the exopod of the first maxilla is present throughout its life and only the outermost, long seta disappears immediately after the appearance of the pseudoexopod.

图 版 说 明

(附注: 1.图中比例尺之单位均为毫米; 2.所有图之附肢,除注明者外,均为右侧者。)

Explanation of the Figures in Plates I—V.

(Note: 1. All the measurements are in mm; 2. Unless otherwise stated, all the figured appendages are those of the right side.)

图 版 I

1. 雌性成体,侧面观。
2. 从即将孵化的卵中剥出的后期无节幼体,腹面观。
- 3—8. 自由生活之后期无节幼体
 3. 整体,背面观; 4. 整体,侧面观; 5. 大颚,前面观; 6. 第一小颚,前面观; 7. 第二小颚,前面观; 8. 第一胸肢,前面观。
- 9—13. 第一期原蚤状幼体
 9. 整体,侧面观; 10. 尾节,背面观; 11. 大颚,前面观; 12. 第一小颚,前面观; 13. 第二小颚,前面观。

Plate I

1. Adult female, lateral view.
2. Metanauplius dissected from the egg, ventral view.
- 3—8. Free-swimming Metanauplius
 3. dorsal view; 4. lateral view; 5. mandibles, anterior view; 6. 1st maxilla, anterior view; 7. 2nd maxilla, anterior view; 8. 1st thoracic limb, anterior view.
- 9—13. First Protozoa
 9. lateral view; 10. telson, dorsal view; 11. mandibles, anterior view; 12. 1st maxilla, anterior view; 13. 2nd maxilla, anterior view.

图 版 II

- 1—5. 第二期原蚤状幼体
 1. 整体,侧面观; 2. 尾节,背面观; 3. 第一触角,背面观; 4. 大颚,前面观; 5. 第一小颚,前面观。
- 6—9. 第三期原蚤状幼体
 6. 整体,侧面观; 7. 尾节,背面观; 8. 第一触角,背面观; 9. 第一小颚基肢内侧之第二突起,前面观。

Plate II

- 1—5. Second Protozoa
 1. lateral view; 2. telson, dorsal view; 3. 1st antenna, dorsal view; 4. mandibles, anterior view; 5. 1st maxilla, anterior view.
- 6—9. Third Protozoa
 6. lateral view; 7. telson, dorsal view; 8. 1st antenna, dorsal view; 9. 2nd lobe on the inner side of protopodite of 1st maxilla, anterior view.

图 版 III

1—10. 第一期蚤状幼体

1. 整体,背面观; 2. 整体,侧面观; 3. 尾节,背面观; 4. 大颚,前面观; 5,6. 体长 2.10 毫米个体之第二、三胸肢,前面观; 7,8. 体长 2.00 毫米个体之第二、三胸肢,前面观; 9,10. 体长 1.90 毫米个体之第二、三胸肢,前面观。

11—17. 第二期蚤状幼体

11. 3 型整体,背面观; 12. 2 型整体,侧面观; 13. 3 型整体,侧面观; 14. 4 型整体,侧面观; 15—17. 3 型个体(体长 2.43 毫米)第二至第四胸肢,前面观。

Plate III

1—10. First Zoea

1. dorsal view; 2. lateral view; 3. telson, dorsal view; 4. mandibles, anterior view; 5,6. 2nd and 3rd thoracic limbs of a specimen 2.10 mm long, anterior view; 7,8. 2nd and 3rd thoracic limbs of a specimen 2.00 mm long, anterior view; 9,10. 2nd and 3rd thoracic limbs of a specimen 1.90 mm long, anterior view.

11—17. Second Zoea

11. form 3, dorsal view; 12. form 2, lateral view; 13. form 3, lateral view; 14. form 4, lateral view; 15—17. 2nd to 4th thoracic limbs of form 3 (body length, 2.43 mm), anterior view.

图 版 IV

1. 第二期蚤状幼体, 3 型个体之尾节末端,背面观。

2—11. 第三期蚤状幼体

2. 3'2 型整体,侧面观; 3. 3'2 型个体尾节末端,背面观; 4. 有 5 个尾刺之 3'2 型个体尾节末端,背面观; 5—8. 3'2 型个体(体长 2.94 毫米)第二至第五胸肢,前面观; 9—11. 3'2 型个体(体长 2.94 毫米)第一至第三腹肢,前面观。

12—19. 第四期蚤状幼体

12. 整体,侧面观; 13. 前部,背面观; 14. 尾部,背面观; 15—17. 第四至第六胸肢,前面观; 18,19. 第二、第五腹肢,后面观。

Plate IV

1. Second Zoea, distal end of the telson of form 3, dorsal view.

2—11. Third Zoea

2. form 3'2, lateral view; 3. distal end of the telson of form 3'2, dorsal view; 4. distal end of the telson of form 3'2 with five terminal spines, dorsal view; 5—8. 2nd to 5th thoracic limbs of form 3'2 (body length, 2.94 mm), anterior view; 9—11. 1st to 3rd pleopods of form 3'2 (body length, 2.94 mm), anterior view.

12—19. Fourth Zoea

12. lateral view; 13. front part, dorsal view; 14. telson, dorsal view; 15—17. 4th to 6th thoracic limbs, anterior view; 18,19. 2nd and 5th pleopods, posterior view.

图 版 V

1—5. 第一期幼体后期

1. 第二触角, 背面观; 2. 大颚, 前面观; 3. 第一胸肢, 前面观; 4, 5. 第五、第六胸肢, 前面观。

6, 7. 第二期幼体后期

6. 第一触角, 背面观; 7. 第六胸肢, 前面观。

8, 9. 第三期幼体后期

8. 第一触角, 背面观; 9. 第六胸肢, 前面观。

10—16. 第四期幼体后期

10. 第一触角, 背面观; 11. 第一小颚, 前面观; 12. 第六胸肢 (左), 前面观; 13. 第七胸肢处之鳃与发光器;
14. 第八胸肢处之鳃; 15, 16. 第二、第五腹肢, 后面观。

Plate V

1—5. First Post-larva

1. 2nd antenna, dorsal view; 2. mandibles, anterior view; 3. 1st thoracic limb, anterior view; 4, 5. 5th and 6th thoracic limbs, anterior view.

6, 7. Second Post-larva

6. 1st antenna, dorsal view; 7. 6th thoracic limb, anterior view.

8, 9. Third Post-larva

8. 1st antenna, dorsal view; 9. 6th thoracic limb, anterior view.

10—16. Fourth Post-larva

10. 1st antenna, dorsal view; 11. 1st maxilla, anterior view; 12. 6th thoracic limb (left), anterior view; 13, 14. gills, in position corresponding to the 7th and 8th thoracic limbs; 15, 16. 2nd and 5th pleopods, posterior view.

