

中-4154

害虫测报原理和方法

张孝羲 程遐年 耿济国



农业出版社

害虫测报原理和方法

张孝羲 程遐年 耿济国

农 业 出 版 社

害虫测报原理和方法

张孝羲 程遐年 耿济国

农业出版社出版 新华书店北京发行所发行
农业出版社印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 10.25 印张 256 千字
1979 年 9 月第 1 版 1979 年 9 月北京第 1 次印刷
印数 1—31,000 册

统一书号 16144·1882 定价 1.05 元

目 录

前言

第一章 昆虫的几个主要生物学特性.....	1
第一节 昆虫的生长发育特性.....	1
一、昆虫的生长.....	1
二、昆虫的发育.....	4
三、环境因素与昆虫生长发育的联系.....	17
第二节 昆虫的休眠与滞育.....	19
一、昆虫的休眠与滞育过程中的生理状况.....	20
二、昆虫的休眠.....	21
三、昆虫的滞育.....	22
第三节 昆虫的繁殖特性.....	33
一、卵子的发育和产卵.....	34
二、精子的发生.....	37
三、交尾和授精.....	37
四、受精和不孕.....	41
第四节 昆虫的扩散和迁飞规律.....	44
一、昆虫的扩散特性.....	44
二、昆虫的迁飞(迁移)特性.....	45
第二章 气候因素对昆虫的影响.....	60
第一节 温度.....	60
一、昆虫对温度条件的适应性.....	61
二、温度对昆虫生长发育速度的影响及有效积温法则.....	64
三、温度对昆虫生存的影响.....	73

四、温度对昆虫繁殖的影响	81
第二节 湿度和降雨	82
一、湿度、降雨对昆虫的影响	83
二、湿度对昆虫影响的原因	86
第三节 温、湿度的综合作用	88
第四节 光	90
一、光的波长与昆虫生活的关系	92
二、光的强度与昆虫生活的关系	93
三、光照周期与昆虫生活的关系	94
第三章 生物因素与昆虫的关系	96
第一节 基本概念	96
一、食物链及食物网	96
二、种间和种内竞争	99
三、生物群落和农业生态系	100
四、生物因素对昆虫影响效应的特点	103
第二节 昆虫与寄主植物的关系	105
第三节 昆虫的天敌及影响捕食或寄生效果的若干因素	111
一、天敌昆虫	111
二、影响天敌捕食或寄生效果的因素	114
三、昆虫的致病微生物	119
四、影响昆虫疾病流行的因素	122
第四章 土壤环境与昆虫的关系	127
第一节 土壤温度和水分对昆虫的影响	127
第二节 土壤的理化性状对昆虫的影响	131
第三节 土壤有机物和昆虫	133
第五章 昆虫的种群及害虫大发生原因分析	136
第一节 昆虫的种群	136
一、什么叫种群	136
二、种群估量的几个重要生物学指标	138
三、种群数量变动的原因分析	149

四、种群数量动态类型的划分	154
第二节 几种重要害虫种群数量变动分析的实例	159
第六章 农作物害虫的调查和资料的统计分析	167
第一节 害虫田间调查的取样	167
一、全群(集团)与样本	167
二、几种常用调查取样方法	169
三、调查取样的单位和取样数量的确定	173
第二节 昆虫在田间常见几种分布型及其与调查取样的关系	175
一、随机分布型	175
二、核心分布型	176
三、嵌纹分布型	176
第三节 调查资料的统计分析	177
一、平均数	178
二、标准差(S)	186
三、变异系数(C.V.)	189
四、平均数标准差($S_{\bar{x}}$)	190
五、可靠性分析(t-测验)	192
六、置信区间估计(平均数的置信限)	194
七、预定取样数的确定	196
八、两个平均数或百分率之间的差异显著性比较	198
九、三个或多个平均数(百分率)间的差异显著性测验 (方差分析法)	203
第七章 害虫预测预报的方法	210
第一节 发生期的预测	211
一、发育进度预测法	212
二、有效积温预测法	223
三、物候预测法	229
四、经验性的温度指标法	231
五、根据害虫趋性进行诱测	231
六、相关预测法	232

第二节 发生数量的预测.....	232
一、依据有效基数预测发生量.....	232
二、依据生物气候图预测发生量.....	235
三、依据经验指数预测发生量.....	237
四、依据形态指标预测发生量.....	240
第三节 害虫的为害程度和损失估计.....	242
一、蛀食性害虫造成的损失估计.....	243
二、食叶性害虫造成的损失估计.....	245
三、刺吸式害虫造成的损失估计.....	247
第四节 预测预报中相关回归分析及其应用.....	250
一、相关分析、相关系数和其显著性检验.....	253
二、回归分析和回归直线预测式的建立和应用.....	260
三、曲线回归预测式.....	275
四、多因子综合预测和复回归分析.....	284
附表 1 从百分率的座标变换为概率单位座标表	298
附表 2 χ^2 表 (一尾)	299
附表 3 5%及 1%显著 r 值表	301
附表 4 t 值表 (两尾)	302
附表 5 5%及 1% F 值表 (一尾)	303
附录 1 通用 202 型手电两用 20 位掀钮式计算机使用说明.....	307
附录 2 希腊字母名称	315
参考文献	316

第一章 昆虫的几个主要生物学特性

第一节 昆虫的生长发育特性

昆虫的生长和发育是害虫预测预报中的一个重要指标。它指示着害虫未来的发生迟早或发生多少。昆虫的生长主要表现在体重、体长或体宽的增大，以及体内细胞数量或体积的增大方面。昆虫的发育，就是从卵中孵出到成虫性成熟止，形态上发生的变化，这种现象总称为发育（变态）。可以将这些生物学指标应用到预测预报中去。

一、昆虫的生长

昆虫的生长，跟其他有机体一样，主要是吸收了外界营养物质，经过同化和异化作用，部分物质变成了昆虫体本身的一部分。生长也就是虫体内有生命物质的净增加过程。昆虫是由细胞组成的有机体，所以，归根到底，生长是一定时间细胞的分裂，即细胞数目的增多。分裂后，细胞又长到原来的大小，也即细胞体积的增加。生长在外部表现为体重、体长或体宽的增大。可以应用这些能够测量的特征，作为发生期、发生量预测的生物指标。

体重 昆虫生长发育期间体重的变化是十分显著的，如家蚕（*Bombyx mori*）幼虫从出卵至幼虫老熟为止，体重竟可增加达万倍左右。同一虫态或虫龄，由于不同的外界环境条件，影响到昆虫体内的同化、异化作用的速率，其表现在体重上也有差异。特别是蛹期的体重，既可反映幼虫期营养等环境条件的优劣，也

预示着未来成虫期的生活力和繁殖力。例如粘虫 (*Mythimna separata*) 蛹重和未来的羽化率、雌成虫寿命、产卵数呈正相关的情况就是有力的证明。

表 1 粘虫蛹重与生活力、繁殖力的关系 (广东 鉴江)

平均蛹重 (毫克)	羽化率 (%)	雌成虫寿命 (天)	平均每雌蛾产卵数 (粒)
352.7	80.0	10.6	428.0
313.0	77.7	6.8	212.2
288.0	73.3	6.3	142.6
244.2	61.3	7.7	88.1
180.5	14.3	1.0	0.0

三化螟 (*Tryporyza incertellus*) 越冬幼虫体重和越冬死亡率关系也十分密切。据华南农学院的研究, 越冬三化螟幼虫体重小于 20 毫克的, 越冬期间 100% 死亡; 幼虫体重 20—49.9 毫克的, 越冬死亡率 65.6—80.6%; 幼虫体重 50—70 毫克的, 死亡率 51.7—57.1%; 体重大于 70 毫克的, 死亡率 33.3%。所以体重也可用作发生量预测的指标。

昆虫幼(若)虫期体重的增长, 在各龄期间是不同的, 是按有规律的几何级数增加的。由此, 理解昆虫在各龄期间的取食量也是不同的, 龄期越大, 取食越多, 体重增加快, 而且往往有一定的暴食临界期。例如, 稻纵卷叶螟 (*Cnaphalocrocis medinalis*) 的逐龄食量如表 2。

表 2 可见稻纵卷叶螟 4、5 龄的食量, 要占全期总食量的 94.4%, 也就是第三代幼虫从第四龄开始进入暴食期。但在不同代次(季节)中, 幼虫的暴食临界期, 也可以有差别。例如稻纵卷叶螟第二代则要到第五龄时, 食量才猛增到占总食量的 89.6%。

表2 稻纵卷叶螟第三代幼虫各龄食量

龄 期	1	2	3	4	5	合 计
食 叶 面 积 (cm ²)	0.144	0.244	0.87	3.45	17.84	22.55
相 对 百 分 率	0.63	1.1	3.9	15.3	79.1	100

这也就是为什么防治这类害虫，必须掌握在暴食期以前的道理。因此，测定和分析不同害虫，在不同季节中的暴食临界期，是确定某种害虫防治适期的重要依据之一。

体长、体宽（头壳宽）生长 幼虫在生长过程中都有蜕皮的特点。这是昆虫幼期生长的标志之一。昆虫为外骨骼动物，它的外表皮由柔软的节肢蛋白鞣化为坚硬的骨蛋白而成，形成后坚硬而不能延展。所以当虫体其他部分增大的时候，表皮就妨碍了生长，这样就要在旧表皮下面先形成柔软的新表皮，然后蜕去旧表皮，趁新表皮还处于柔软状态（当时外表皮还没有形成）的时候，虫体很快长大，这是虫体长大最快的时期；等外表皮硬化后就很少长大或几乎不长了，要到下次脱皮时再突然长大。所以幼虫的生长速度是不均衡的。这样我们可以按体长或头宽来辨别幼虫的龄期。而一些软体的幼虫（如鳞翅目昆虫），当龄幼虫也表现一定的增长，但是它们的头壳总是比较坚硬的。所以利用头壳的大小来区别龄期就既方便又可靠。在测报工作中，调查虫龄分布以确定发生进度，经常用体长和头壳宽度作为一种标准。例如，我们在江苏省南京测量小地老虎（*Agrotis ypsilon*）幼虫1—6龄的头宽变化如表3。

有些昆虫，如甘蓝夜蛾（*Barathra brassicae*）幼虫期密度过大时，即使有充分的食料，其蛹体也要变小、重量减轻，羽化的成虫产卵前期延迟，而飞行能力却加强，便于迁移。显然，这是

表3 小地老虎各龄幼虫头壳宽度

龄 期	平 均 头 壳 宽 度 (毫米)	生 长 率 (下龄头宽/上龄头宽)
1	0.31 ± 0.01	—
2	0.53 ± 0.01	1.70
3	0.87 ± 0.02	1.63
4	1.41 ± 0.05	1.62
5	2.15 ± 0.06	1.57
6	3.42 ± 0.14	1.55

种群密度主动调节的一种适应性。

细胞组织的生长 从细胞组织学角度来看, 幼虫各器官的生长是不一样的, 可分三种类型: (1) 细胞大小的增加, 即细胞及细胞核数量不变, 仅仅细胞质的增加。(2) 细胞数目经细胞分裂而增加。(3) 细胞间大小的增加, 即细胞核本身变化不大, 而细胞间质增加。如生殖器官中卵巢管的生长, 主要是细胞分裂, 数目不断增加, 属于第(2)类。而许多鞘翅目昆虫脂肪体的生长, 则主要是细胞及细胞核大小的增加, 细胞数目变化不大, 属于第(1)类。所以, 也可以应用这些内部细胞组织变化状态, 来作为害虫预测中的生物学指标。如棉铃虫 (*Heliothis armigera*) 的测报中, 可根据卵巢管和脂肪细胞的生长发育状况, 预测下代的发生期; 而麦盾蜡象 (*Erygaster interceps*) 测报中, 则可根据体内脂肪体细胞的生长质量, 预测下代的发生量。

二、昆虫的发育

当受精卵产下后, 卵内物质开始分裂, 即卵中胚胎发育开始。昆虫在卵内发育阶段, 称为胚胎发育阶段; 卵孵出幼虫后继续发育到成虫期性成熟阶段, 称为胚后发育阶段。

1. 昆虫胚胎发育的过程及其分级标准 受精的卵细胞, 在卵壳内要进行一系列发育生长, 即卵细胞核的分裂, 幼体的各种器

官组织的形成，最后发育为幼（若）虫而破壳解出。这整个胚胎发育的过程，也反映在外表卵壳上有各种颜色的变化。在预测预报中，可以根据剖检胚胎各时期的形状或卵壳外颜色的变化情况，预测未来的孵化进度。这对于以卵态过冬（如飞蝗）或卵期较长（如飞虱类等）的昆虫，在发生期预测中应用特别有意义。昆虫的胚胎发育一般可有以下几个过程。

胚盘期 受精卵的卵细胞核进行分裂，经分裂的子核当积累了足够数目以后，便向卵的表面移动，并且形成了一层细胞，也叫做原胚层（图1）。

胚带期 原胚层在腹面或末端的细胞层开始增多，形成胚带。胚带将来就发育成胚胎。胚带处细胞剧烈分裂而增多、增长，可以清晰分出膨大的原头和伸长的原躯干两部分。此时一般在卵壳外表可以目测到卵色比原初产下时有所变化，也可以此开始区别受精卵（变色）和未受精卵（不变色）（图2、3）。

胚带分节和附肢形成期 胚带长度不断增长。同时，胚带自前向后发生一系列凹陷，而开始分节至明显分节。以后又从头部

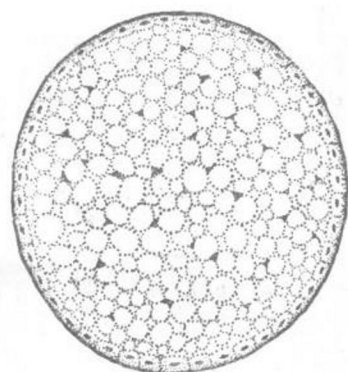


图1 荔枝卵的胚胎发育
22—24小时原胚
层形成(切面)

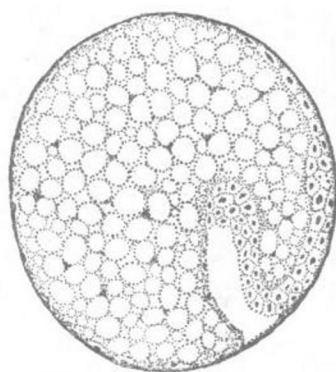


图2 荔枝卵胚胎发育
36小时胚带向
内陷入(切面)

到胸部，最后到腹部逐渐长成附肢突起（附肢原基）（图4、5）。

反转期 胚体在卵中向侧面和上面作180度的旋转，使胚体

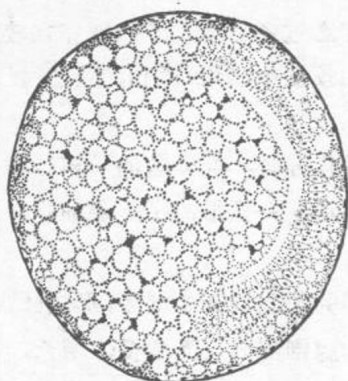


图3 荔枝卵胚胎发育 36
小时胚带羊膜已形成
（切面）

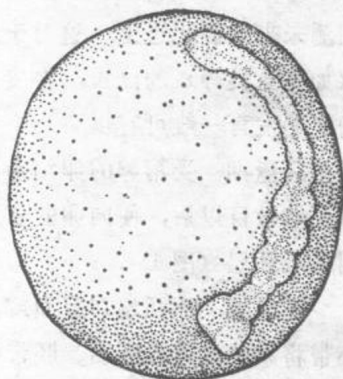


图4 荔枝卵胚胎发育 42
小时胚体伸长阶段

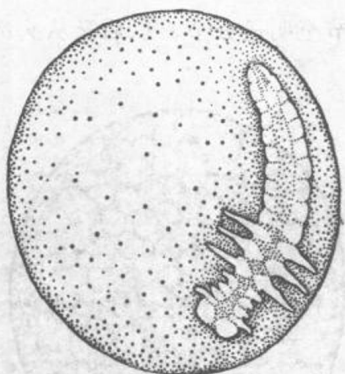


图5 荔枝卵胚胎发育
72小时附肢向
两侧延伸

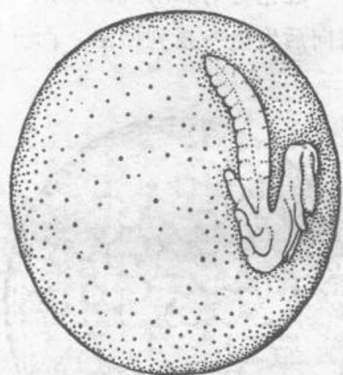


图6 荔枝卵胚胎发育 96—98
小时胚胎正在进行旋转

的头部向上，腹面和卵的腹面相一致（图6、7）。鳞翅目昆虫的卵，则胚体的腹面附肢从外向变为内向（图11—4、5）。反转期一

般很短，如东亚飞蝗 (*Locusta migratoria manilensis*) 仅 10 小时，褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*) 则少于 8 小时。所以，在发生期预测中卵分级时，常可以忽略不计。但是胚体在反转期前和后，其位置形状常有显著的差别。

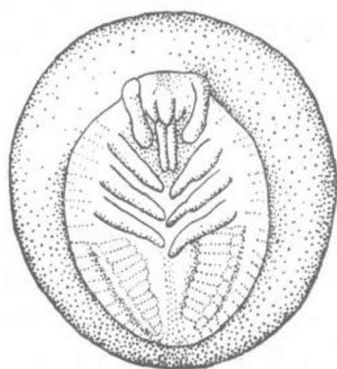


图 7 荔枝卵胚胎发育 100 小时全形

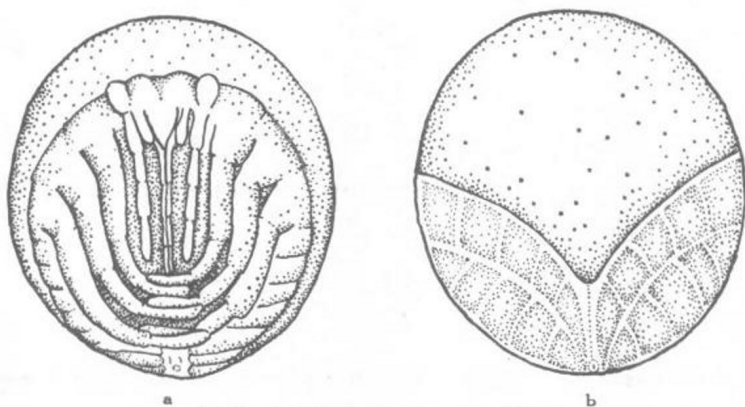
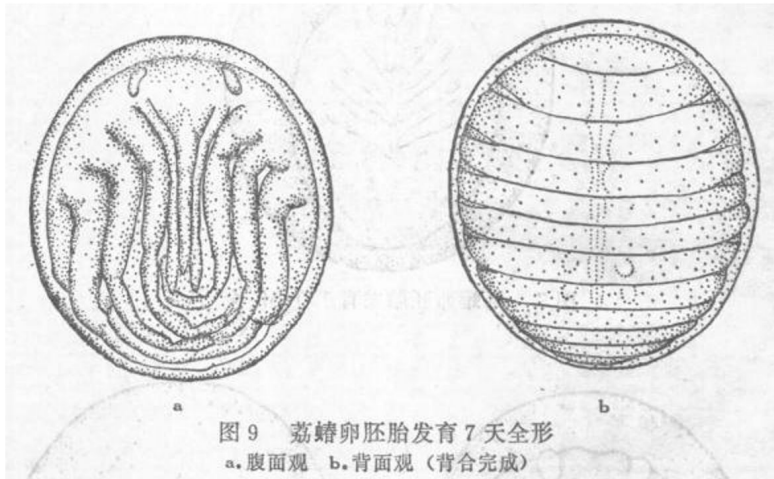


图 8 荔枝卵胚胎发育 5—6 天全形
a. 腹面观 b. 背面观 (进行背合)

背合期 胚体经反转后，迅速向卵前端生长，复眼或单眼(鳞翅目)部位出现明显的红色色素并逐渐扩大，有的将此时期划为

眼点期。此眼点的出现也是区别反转期前和后的显著特征，同时胚体的头部和两侧逐渐扩大向背面包合，直至完全将卵黄包被在体内，而形成圆柱状的虫体。与此同时，腹部在生殖器前的各节附肢消失（不完全变态昆虫），头部、胸部各附肢分节明显（图8）。

胚熟期 虫体完全长成，复眼或单眼色素变深（常为黑色），体表面色素出现，即将孵化（图9）。



检查卵内胚胎发育的进度，可先用药液处理卵壳，然后在扩大镜或实体显微镜下检查。所用药液，如飞蝗卵用10%漂白粉溶液，浸2—3分钟，待卵壳溶解后取出，用清水洗净，直接镜检。对蜡象、螟虫等小形卵，用80%酒精10毫升、氢氧化钾2克、30%双氧水3毫升混合液，浸30分钟后，在80%酒精中洗清，用细针剔除或刺破卵壳，直接镜检或再用硼砂洋红染色，脱水后以加拿大胶（或中性树脂）封盖，在显微镜下观察。在具体对某种昆虫卵的胚胎分级时，可参考以上各期的一般规律，酌情进行分级。卵期较长的分级可细而多些；卵期较短的则分级可粗而少些。下面举两个例：

褐飞虱卵期较长，江苏省太仓县测报站将其卵胚胎发育分为七级（表4，图10）。

表4 褐飞虱卵的发育分级特征

期序	期名	扩大镜（15倍）观察（卵壳外色）	显微镜（100倍）观察（卵内胚胎）
第一期	胚盘期	整个卵粒白色半透明	卵体白色半透明，体内充满结构简单的鳞云状原生质，其中包含着卵黄。卵末端有一个较明显的乳白色斑，强光透视下呈淡灰色
第二期	胚带期	卵前端有带状或半圆形的乳白色斑块	卵体灰白色半透明，卵壳内周环绕着一条较厚而分隔的胚带；中央部分为充满淡色液体的腔。乳白色斑上移至卵前端
第三期	黄斑期	卵前端有近圆形的乳白色或淡黄色斑块	卵前端的乳白色斑扩大或近圆形，有些个体变为明显的淡黄色
第四期	反转期	黄斑下移至卵腹部	黄斑连同胚胎，向前期相反方向旋转，使黄斑下移至卵腹部；腹面环带消失，腹背环带分隔消失且增厚，胸腹分界已有雏形
第五期	眼点期	卵前端出现针尖大小的微红色小点	卵前端出现1对微红色眼点（复眼的原始组织）。点的直径为25微米左右。胸腹分界明显
第六期	胸节期	眼点鲜红色，或大部分鲜红色，侧看占卵前端横径的1/5—1/6	眼点鲜红色或大部分鲜红色，点的直径扩大到40微米左右。胸部已凹凸成3节。隐约可见足及口器的痕迹
第七期	腹节期	眼点暗红凝血色，侧看占卵前端横径的1/4左右	眼点暗红色，点的直径扩大到80微米左右。已定型。腹部明显分节。触角口器和足已全部形成

注：显微镜观察时，卵壳未处理也未除卵壳，为整个卵粒，透过卵壳观察。

华南农学院1972年将水稻三化螟卵的胚胎发育分为四级（表5，图11）。

2. 昆虫的胚后发育和激素的控制作用 昆虫在胚后发育过程中，主要有两种变态类型，即不完全变态（卵→若虫→成虫）和

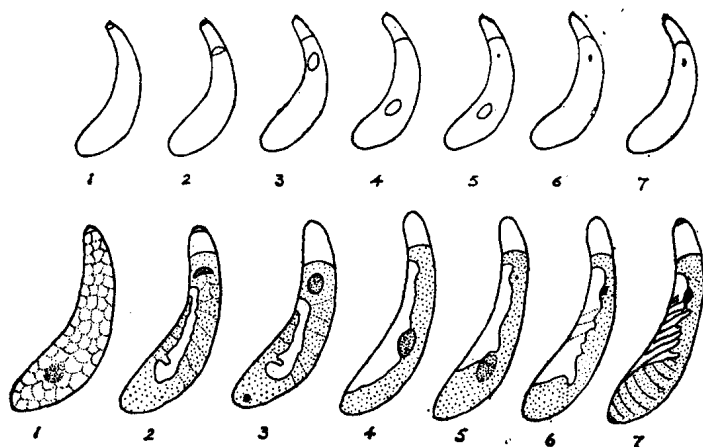


图10 褐飞虱卵的发育分级示意图

1.胚盘期 2.胚带期 3.黄斑期 4.反转期 5.眼点期
6.胸节期 7.腹节期

上：扩大镜观察 下：显微镜观察

表5 三化螟卵的发育分级特征

期序	距产卵时数	显微镜观察胚胎特征	目测卵块底面颜色*
前期	1—48小时	从合子分裂，经胚盘形成；出现胚带；胚体开始分节至明显分为18节，胚体最长阶段凹陷，肛门陷明显，神经柱开始出现（图11—1—2）	乳白色
中期	60—96小时	胚体缩短，附肢原基伸长；经反转期，附肢内向，至头部开始愈合，并呈现红褐色，单眼色素出现，胚体又开始延伸，神经节已形成（图11—3—5）	淡褐色
中后期	110—146小时	头部完全愈合，并与前胸背板开始变褐色，上颚明显可见（图11—6—7）	灰色
后期	146—240小时	单眼色素及单眼明显，头及前胸背板呈褐色，脐孔完全消失，即将孵化（图11—8—9）	出现黑点

* 目测卵块底面颜色是按江苏一般分级法。