应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(5):1394—1400

褐飞虱卵巢发育的形态变化过程及分级标准*

芦 芳[1] 齐国君[2] 秦冉冉[1] 胡 高[1] 王 政[3] 张孝羲[1] 程遐年[1] 翟保平[1]**

(1. 南京农业大学植物保护学院 农作物生物灾害综合治理教育部重点实验室 南京 210095;
2. 广东省农业科学院植物保护研究所 广州 510640; 3. 华南农业大学资源与环境学院 广州 510642)

摘 要 卵巢解剖在褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 的迁飞研究和预测预报中起着重要的作用,但由于卵巢解剖是一项精细化的技术,在实际的病虫测报工作中,解剖技巧和分级标准难以被基层植保工作者掌握。为了使卵巢解剖技术在病虫测报中发挥其应有的作用,本研究在前人工作的基础上,根据我国病虫测报工作中卵巢分级的实践性及基层站点的可操作性,通过对不同羽化时长的褐飞虱长翅型雌虫进行卵巢解剖,详细描述了褐飞虱卵巢发育的形态变化过程,进一步完善了褐飞虱的分级标准,解决了之前的分级难点,且操作简便易行,分级特征明确,可广泛适用于我国各基层植保部门的常规监测和预报工作。

关键词 褐飞虱,卵巢解剖,卵巢发育,分级标准

The processes of morphological change and grading criteria for ovarian development in the brown planthopper

LU Fang[1] QI Guo-Jun[2] QIN Ran-Ran[1] HU Gao[1] WANG Zheng[3]
ZHANG Xiao-Xi[1] CHENG Xia-Nian[1] ZHAI Bao-Ping[1]**

(1. College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Integrated Management of Crop Diseases and Pests, Nanjing Agricultural University, Ministry of Education Nanjing 210095, China;
2. Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;
3. College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract Ovarian dissection plays an important role in the study of migration and outbreak prediction in the brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens* (Stål). However, the required dissecting techniques and grading criteria are difficult to master. In order to improve the techniques for ovarian dissection used for pest forecasting we here present a review of previous studies and identify aspects of morphological change and grading criteria with respect to ovarian development in the BPH that meet current best practice requirements for pest forecasting and are suitable for county-level research stations. Some key points regarding the grading criteria for BPH ovarian development that could be more widely used in regular monitoring and forecasting are proposed.

Key words *Nilaparvata lugens*, ovarian dissection, ovarian development, grading criteria

卵巢解剖是明确迁飞性昆虫虫源性质、研究害虫发生规律及预测预报的重要手段(陈若篪等,1989)。卵巢解剖时,通常根据卵巢小管内卵粒的成熟度、色泽及脂肪的消耗情况等内部结构特征将卵巢划分为不同的发育级别(郭郛,1979;张孝羲,1985)。作为研究昆虫生殖发育的一项重要实验技术,卵巢解剖已被广泛应用到多种农业害虫的发生规律研究、预测预报及防治工作中,取得了很好的效果(李汝铎等,1987)。

迁飞性昆虫的迁飞与卵巢发育之间有着密不可分的关系。一般而言,迁飞性昆虫的迁飞发生在卵巢发育幼期且尚未交配的时候,通过远距离迁飞,降落后卵巢发育并交配产卵(程遐年等,1979,2003;张孝羲,1980;姚青和张志涛,1999)。

* 资助项目:国家"973"项目(2010CB126200)、公益性行业(农业)科研专项(200803003)、现代农业产业技术体系建设专项资金(nycytx-01)。

**通讯作者,E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期:2011-12-23,接受日期:2011-05-31

过去数十年，我国学者先后开展了多种迁飞性昆虫的卵巢解剖工作，并根据雌虫卵巢发育过程中的形态变化特征，将其划分为不同的发育时期，如东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis* Meyen(刘玉素和卢宝廉，1959)、粘虫 *Mythimna separata* Walker(何继龙，1963; 石毓亮等，1964)、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée(张孝羲等，1979)、褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål)(陈若篪等，1979)、白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth)(吕万明，1980)、小地老虎 *Agrotis ypsilon* Rottemberg(卢筹，1982)、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner(张韵梅和牟吉元，1994)、草地螟 *Loxostege sticticalis* L.(孙雅杰等，1991)、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner(王宪辉等，2003; 韩兰芝等，2004)等。卵巢的发育进度一般被分为 5 个级别，分别为乳白透明期、卵黄沉积期、成熟待产期、产卵盛期和产卵末期。卵巢发育进度的分级，为研究迁飞性害虫的迁飞规律和基层植保站的预测预报业务提供了依据。

褐飞虱(BPH)是我国水稻上一种典型的迁飞性害虫，对其卵巢的基本结构和发育程度分级已有过研究报道(陈若篪等，1979)，但只是一般性的文字描述，对各个级别之间的过渡状态和临界状态缺乏详细的说明，其解剖技巧和分级标准也难以被一般基层植保工作者掌握。为此，根据我国病虫测报工作中褐飞虱卵巢分级的实践性及基层站点的可操作性，通过对不同羽化时长的褐飞虱长翅型雌虫进行卵巢解剖，对褐飞虱羽化后卵巢发育形态的变化过程进行详细观察，并进一步完善分级标准，以期为基层站点的褐飞虱测报和防控工作提供方便和依据。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

本研究所用褐飞虱种群采自广东省肇庆市封开县水稻观测圃，将其置于罩笼中，用分蘖到拔节期的水稻(汕优 63)饲养多代备用。

1.2　羽化时刻记录

在温度 25℃、相对湿度 75% 及光周期 L∶D = 16∶8条件下，将褐飞虱 5 龄若虫置于 20 cm × 2 cm 的试管中单头饲养，内置拔节到孕穗期稻杆，用棉花包裹稻杆根部，并加入 1 mL 清水，以供水稻生长和保持管内湿度，管口用纱布扎严，以防褐飞虱逃逸。由于褐飞虱对环境光周期反应极为敏感，且大多集中在白天羽化(戴华国等，1996)，因此，本研究选取 07∶00—22∶00 作为观察时间，每隔 1 h 观察 1 次褐飞虱的羽化情况，记录羽化时间。

1.3　卵巢解剖

在上述条件下，将刚羽化的雄虫取出，置于刚羽化的长翅型雌虫的大试管中进行配对饲养，羽化后设定每隔 2 h 间隔，用酒精将雌虫杀死并进行卵巢解剖，本试验雌虫羽化时长 154 h 以内为逐 2 h 解剖，共剖雌虫 133 头; 羽化时长 156 ~ 312 h 的成虫共剖 30 头。解剖方法参照李汝铎等(1987)的方法。

褐飞虱雌性生殖系统: 具有一对卵巢，各卵巢小管汇合连接于侧输卵管，两根侧输卵管连接于一根中输卵管，中输卵管前端着生一弯钩状的受精囊，近末端处连接着交尾囊(陈若篪等，1979)。

本试验用连续变倍体视显微镜(江南永新 JSZ5)观察褐飞虱雌性生殖系统发育的形态特征，用数码相机(SONY-W50)拍照，详细记录不同羽化时长褐飞虱的卵巢形态变化特征，对其卵巢发育程度进行分级。

2　结果与分析

2.1　褐飞虱卵巢发育的形态变化过程

2.1.1　初羽化的雌虫卵巢体积小，卵巢小管尚未发育，透明且无卵室，粘合成团块状不易分散(图 1: a)，侧输卵管细长，缢缩不明显，受精囊和交配囊均透明(图 1: b)。

2.1.2　卵巢小管逐渐伸长，卵巢小管柄约占卵巢小管 1/2，侧输卵管缢缩逐渐明显，形成侧输卵管萼，受精囊逐渐变成淡黄色(图 1: c)。

2.1.3　侧输卵管萼继续膨大，缢缩更加明显，卵巢小管变长并开始膨大变粗(图 1: d)。

2.1.4　白色卵巢管塞如丝状慢慢进入侧输卵管萼，且逐渐增多，卵巢小管仍粘连，拨开后可看到透明的卵室(图 1: e, f)。

2.1.5　透明卵室内逐渐出现白色絮状卵黄沉积，逐渐变为近香蕉形(图 1: g, h)。

2.1.6　卵巢小管基部靠近背部的外侧卵粒最早成熟，由不透明的白色絮状至轮廓清晰的乳白色香蕉状成熟卵; 交配后，空瘪透明的交配囊被乳白

色精包填充成球形(图2: i)。

2.1.7 卵粒由外侧向里依次成熟,卵巢小管柄变短;侧输卵管萼内白色卵巢管塞增大至椭圆状(图2: j)。

2.1.8 卵巢小管柄基本消失,基部的卵多数已成熟,排列整齐(图2: k)。

2.1.9 随着基部成熟卵粒的不断产出,靠近端部的未成熟卵慢慢下移,卵巢小管内出现空段(图2: l)。

2.1.10 在产卵后期不再产生新卵时,卵巢小管端部出现空段,并保持原有的卵室状(图2: m)。

2.1.11 产卵末期,整个卵巢小管内只剩1~2粒成熟卵,大部分卵巢小管内出现空段,部分卵巢小管仍保持清晰的卵室状;此时,侧输卵管萼和内部白色卵巢管塞仍然存在,交配囊内仅留下部分精包残体,凹陷甚至部分变干瘪透明(图2: n, o)。

2.1.12 卵巢萎缩或成畸形,卵巢小管内成熟卵全部产出,卵巢小管变空,侧输卵管及卵巢管塞也萎缩变小(图2: p)。

2.2 褐飞虱卵巢发育分级标准

根据褐飞虱卵巢发育形态特征的变化,提出一套操作简易、分级明确的褐飞虱卵巢分级标准(表1)。

Ⅰ级(乳白透明期):卵巢小管短而细,透明,粘连不易分散,末期卵巢小管会膨大但其中无明显的卵细胞;侧输卵管细长,后期逐渐缢缩,前半部分膨大,形成透明的侧输卵管萼;卵巢小管柄相对较长,约为整个卵巢小管1/2;交配囊干瘪透明,未交配(图1: a~d)。

Ⅱ级(卵黄沉积期):外侧卵巢小管基部卵细胞开始发育,并从透明变为乳白色且逐渐伸长;初期白色卵巢管塞进入侧输卵管萼,随着侧输卵管继续膨大,白色卵巢管塞的体积也增大;偶见交配,交配后交配囊成球状,内部出现乳白色浑浊;未产卵(图1: e~h)。

Ⅲ级(成熟待产期):卵巢小管基部出现乳白色香蕉形成熟卵,并逐渐由靠近背部的外侧向内侧依次成熟,排列整齐;末期时卵巢小管柄几乎完全消失;侧输卵管萼仍存在白色卵巢管塞;大部分已交配;未产卵(图2: i~k)。

Ⅳ级(产卵盛期):初期整个腹腔被成熟卵所充塞,随着卵巢小管基部成熟卵排出,卵巢小管中部出现空段,末期部分卵巢小管基部仍可见数粒成熟卵,端部出现空段;交配囊内部出现乳白色或淡黄色浑浊;大量产卵(图2: l, m)。

Ⅴ级(产卵末期):卵巢小管萎缩或畸形,偶见1~2粒成熟卵;交配囊内仅剩乳白色或淡黄色精包残体,呈凹陷或干瘪状(图2: n~p)。

表1 褐飞虱的卵巢分级特征

Table 1 The grading criteria of ovarian development of BPH

级别 Grade	Ⅰ级(乳白透明期) Grade Ⅰ Transparent stage	Ⅱ级(卵黄沉积期) Grade Ⅱ Vitellogenesis stage	Ⅲ级(成熟待产期) Grade Ⅲ Matured stage	Ⅳ级(产卵盛期) Grade Ⅳ Egg-laying stage	Ⅴ级(产卵末期) Grade Ⅴ Late egg-laying stage
卵巢小管 Ovariole	初羽化时卵巢小管短而细,透明,粘连不易分散,末期稍微膨大,小管内无明显的卵细胞	部分卵巢小管基部有1~2个卵细胞,并逐渐形成、增多,由透明变为乳白色	卵巢小管基部出现乳白色香蕉形成熟卵,排列整齐,并逐渐增多	随着卵巢小管基部成熟卵排出,小管内出现空段,末期部分卵巢小管内仍可见一粒成熟卵	卵巢小管萎缩或畸形,偶见1~2粒成熟卵
侧输卵管 Lateral oviduct	初羽化时侧输卵管细长,末期时中部缢缩,前半部膨大,形成侧输卵管萼	初期白色卵巢管塞进入侧输卵管萼,随着侧输卵管继续膨大,白色卵巢管塞增多	侧输卵管萼继续膨大,仍存在白色卵巢管塞	侧输卵管萼中仍存在白色卵巢管塞	侧输卵管萼萎缩,仍存在白色卵巢管塞
交配及产卵情况 State of mating and ovipositing	未交配,交配囊干瘪透明,未产卵	偶见交配,交配后交配囊成球状,内部出现乳白色浑浊,未产卵	大部分已交配,交配后交配囊内部出现乳白色浑浊,未产卵	罕见未交配,交配后交配囊内部出现乳白色或淡黄色浑浊,大量产卵	罕见未交配,交配后交配囊内部白色或淡黄色浑浊变少,产卵很少

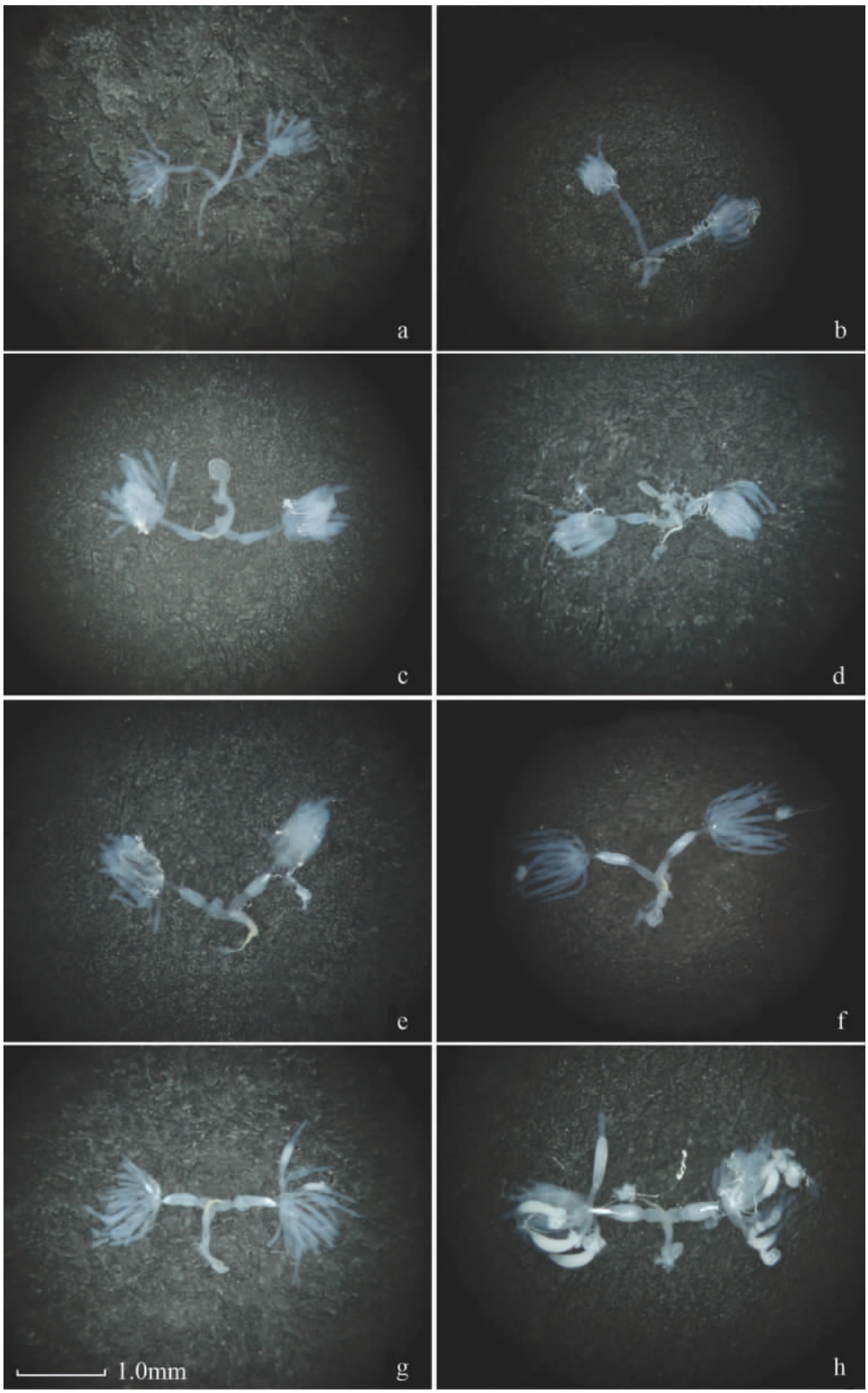

图 1　褐飞虱卵巢发育的形态变化过程(1.5 × 10 × 2)

Fig. 1　The morphological changing processes of ovarian development of BPH (1.5 × 10 × 2)

注: a, b, c, d: Ⅰ级; e, f, g, h: Ⅱ级。

a, b, c, d: Grade Ⅰ; e, f, g, h: Grade Ⅱ.

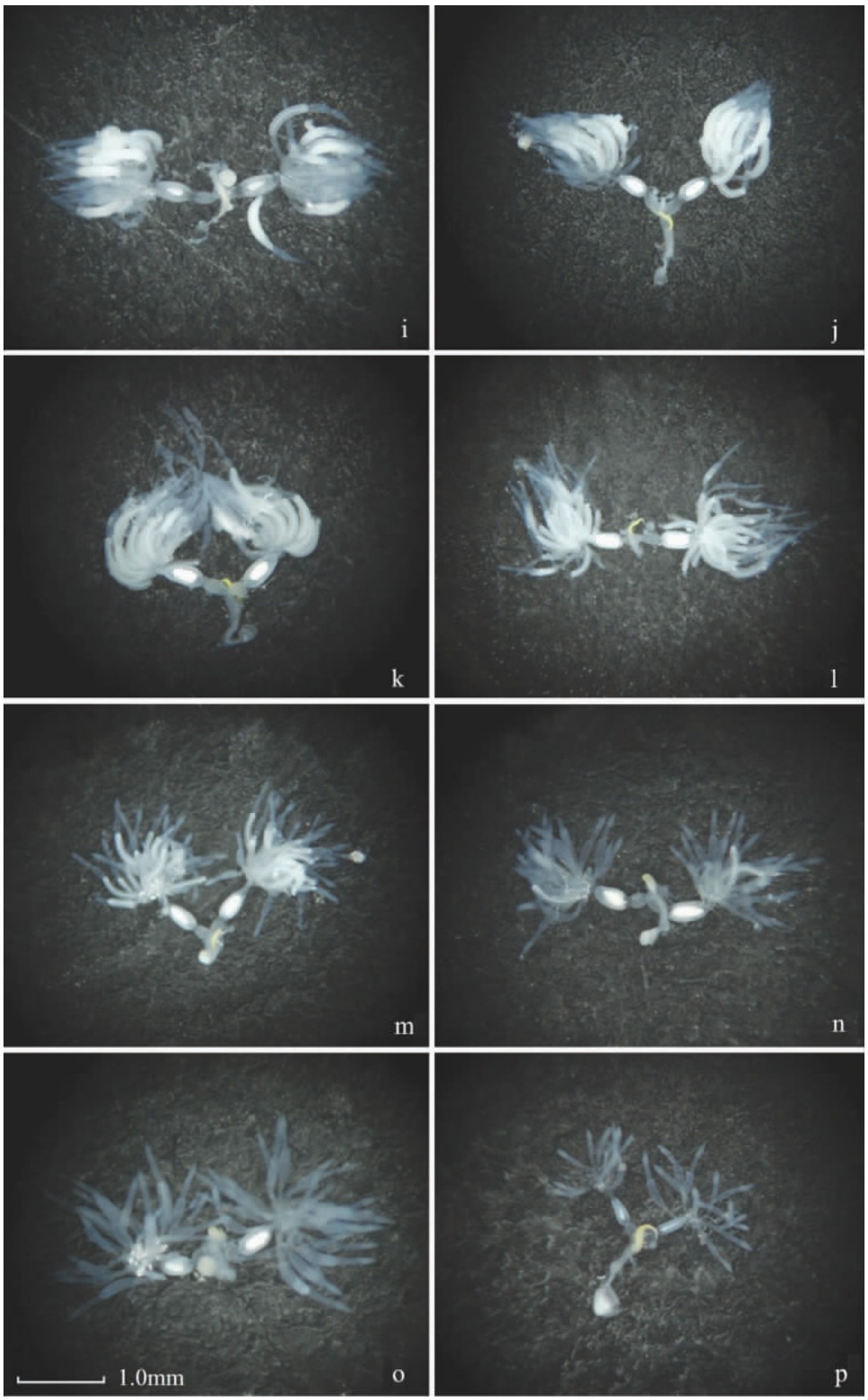

图 2　褐飞虱卵巢发育的形态变化过程(1.5×10×2)

Fig. 2　The morphological changing processes of ovarian development of BPH (1.5×10×2)

注: i, j, k: Ⅲ级; l, m: Ⅳ级; n, o, p: Ⅴ级.

i, j, k: Grade Ⅲ; l, m: Grade Ⅳ; n, o, p: Grade Ⅴ.

2.3　褐飞虱卵巢的发育历期

解剖结果表明: 褐飞虱个体之间的卵巢发育历期差别较大，Ⅰ级卵巢的历期最长可达 224 h，Ⅱ级卵巢最早出现在 64 h，最长可达 222 h，Ⅲ级卵巢最早出现在 84 h，最长为 222 h，Ⅳ级卵巢最早出现在 102 h，最长为 286 h，Ⅴ级卵巢最早出现在 196 h，最长为 312 h。

将不同羽化时长褐飞虱按照日龄统计分析(图 3)，结果表明各级别卵巢的持续时间重叠较多。Ⅰ级卵巢持续时间较长数量较多，羽化后 1 至 2 d 全部为Ⅰ级卵巢，但最长可持续至羽化后第 10 天，占解剖总虫量 65%；Ⅱ级、Ⅲ级卵巢最早出现在羽化后第 3 天、第 4 天，最长持续时间也可达羽化后第 10 天；Ⅳ级卵巢发育历期较长，从羽化后第 5 天开始出现，一直可以延续至第 12 天；Ⅴ级卵巢出现的比例较少，最早出现在羽化后第 9 天，最长持续到本研究结束，即羽化后第 13 天。

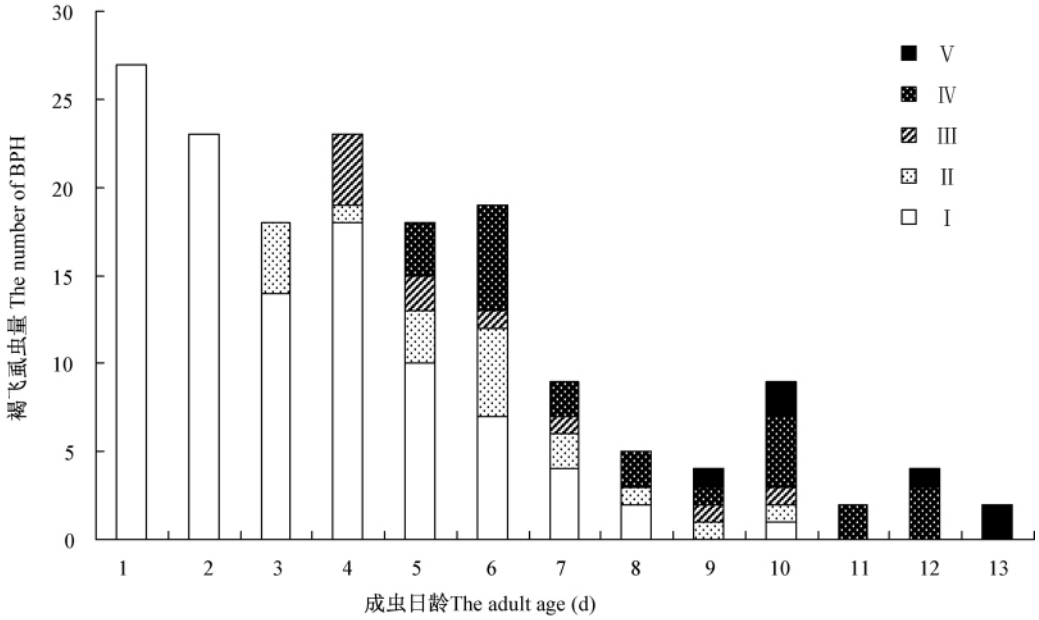

图 3　不同日龄的褐飞虱卵巢发育进度

Fig. 3　The ovarial development progress of BPH in different day-ages

3　讨论

卵巢解剖是病虫测报中一种常规监测手段，但由于解剖技术的生疏以及复杂的分级标准，在实际病虫测报工作中，这门技术逐渐在基层测报系统中失传，难以继续发挥其应有的作用。本研究中解剖卵巢不需要用高倍显微镜和测微尺的测量，仅用一般实体显微镜即可，解剖仪器简单，操作简便，利于在基层植保部门推广；同时提出的卵巢分级标准有效的解决了之前标准的区分难点，其中Ⅰ级、Ⅱ级以侧输卵管中白色卵巢管塞区分，Ⅲ级、Ⅳ级以成熟卵排列整齐程度和卵巢小管内是否出现空段作为判断标准，并为卵巢发育的形态变化过程增加了实物图片，方便参考。因此，该研究结果可广泛适用于我国各基层植保部门对褐飞虱的常规监测和预报工作，以提高预测预报的准确性。

褐飞虱的卵巢发育受环境条件(温度、食物等因素)以及本身内在迁飞特性的影响，不同季节或地点存在一定差异。陈若篪等(1979)研究过影响卵巢发育的环境条件，其中 25～27℃适温条件下，褐飞虱卵巢Ⅰ～Ⅲ级卵巢仅 3～4 d，Ⅳ级卵巢发育历期最长；而在高温或低温的条件下，Ⅰ～Ⅲ级卵巢的发育历期显著延长，平均 8.5 d。可见，夏季高温和秋季低温季节迁出时，褐飞虱易出现生殖滞育的现象。本研究所用褐飞虱在高龄若虫时受食料条件恶化的影响，部分褐飞虱个体羽化后出现了生殖滞育，卵巢停止发育而保持在Ⅰ级，但在 25℃、孕穗期水稻饲养的条件下，部分褐飞虱成

虫解除了生殖滞育，卵巢恢复发育，但也有相当一部分仍保持生殖滞育，所以出现了部分褐飞虱个体Ⅰ、Ⅱ级未成熟卵巢可持续 10 d，部分褐飞虱个体在羽化后第 3、4、5 天分别出现了Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级卵巢。本研究结果与陈若篪等(1979)研究相吻合，Ⅰ～Ⅳ级卵巢首次出现的时间基本一致，只是Ⅴ级卵巢的出现时间略提前。本研究中部分褐飞虱个体生殖滞育时间显著延长，这也从另一方面说明了褐飞虱个体出现生殖滞育后，迁出期可以持续较长一段时间。

本研究卵巢解剖采取时间间隔为 2 h，从结果看稍显密集，且各解剖时刻重复较少，但基本明确了褐飞虱羽化后卵巢发育形态的变化过程。食料、温度等环境条件对褐飞虱卵巢发育历期的具体影响有待进一步研究。

参考文献(References)

陈若篪，程遐年，杨联民，殷向东，1979. 褐飞虱卵巢发育及其与迁飞的关系. 昆虫学报，22(3)：280—288.

陈若篪，丁锦华，谈涵秋，胡国文，1989. 迁飞昆虫学. 北京：中国农业出版社. 364—373.

程遐年，陈若篪，习学，杨联民，朱子龙，吴进才，钱仁贵，杨金生，1979. 稻褐飞虱迁飞规律的研究. 昆虫学报，22(1)：1—21.

程遐年，吴进才，马飞，2003. 褐飞虱研究与防治. 北京：中国农业出版社. 1—75.

戴华国，杨亦桦，吴小毅，1996. 稻褐飞虱成虫的羽化节律. 南京农业大学学报，19(3)：117—118.

郭郛，1979. 昆虫生殖的一些基本特征. 昆虫知识，16(3)：128—132.

韩兰芝，翟保平，戴率善，张孝羲，刘培磊，2004. 江苏丰县甜菜夜蛾田间种群虫源性质分析. 生态学报，24(7)：1388—1398.

何继龙，1963. 粘虫(*Pseudaletia separata* (Walker))生殖系统的解剖. 昆虫学报，12(3)：282—291.

李汝铎，王金其，苏德明，1987. 昆虫卵巢发育与害虫预测预报. 上海：复旦大学出版社. 31—84.

刘玉素，卢宝廉，1959. 东亚飞蝗(*Locusta migratoria manilensis* Meyen)生殖系统的解剖和组织构造. 昆虫学报，9(1)：7—11.

卢筝，1982. 小地老虎生殖系统的研究. 昆虫学报，25(3)：268—275.

吕万明，1980. 白背飞虱雌性生殖系统的构造和卵巢发育分级的初步观察. 昆虫知识，17(4)：182—183.

石毓亮，张之光，李玉椿，1964. 粘虫 *Pseudaletia separata* (Walker)生殖系统解剖与自然交配及其在实践中的应用. 山东农业大学学报(自然科学版)，9：45—56.

孙雅杰，陈瑞鹿，王素云，暴祥致，1991. 草地螟雌蛾生殖系统发育的形态变化. 昆虫学报，34(2)：248—249.

王宪辉，徐洪富，许永玉，刘勇，周真，2003. 甜菜夜蛾雌性生殖系统结构、发育分级及在测报上的应用. 植物保护学报，30(3)：261—266.

姚青，张志涛，1999. 迁飞昆虫的研究进展. 昆虫知识，36(4)：239—243.

张孝羲，1980. 昆虫迁飞的类型及生理、生态机制. 昆虫知识，17(5)：236—239.

张孝羲，1985. 昆虫生态与预测预报. 北京：中国农业出版社. 214—215.

张孝羲，陆自强，耿济国，1979. 稻纵卷叶螟雌蛾解剖在测报上的应用. 昆虫知识，16(3)：97—99.

张韵梅，牟吉元，1994. 棉铃虫卵巢发育的组织化学及测报分级研究. 山东农业科学，3：7—9.