

微红梢斑螟生殖系统及卵巢发育特征研究*

王丽平^{1**} 嵇保中^{1***} 刘曙雯^{2***} 赵正萍¹ 杨锦锦¹
张新慰¹ 丁芳¹ 王亚召¹

(1. 南方现代林业协同创新中心, 南京林业大学林学院, 南京 210037; 2. 南京中山陵园管理局, 南京 210014)

摘要 【目的】研究了微红梢斑螟 *Dioryctria rubella* Hampson 的生殖系统及不同发育阶段卵巢的形态结构, 揭示交配过程中雌、雄外生殖器的匹配机制, 为该虫生殖生物学及性信息素的研究提供依据。

【方法】通过解剖及扫描电镜观察, 描述内、外生殖器以及雌蛾卵巢发育特征。【结果】与其他斑螟亚科种类生殖系统比较, 微红梢斑螟生殖系统主要具有以下形态特点: (1) 微红梢斑螟雌蛾的交配囊片特别发达, 导精管从交配囊体的侧腹面发出, 导精管内无导精管球; (2) 雌蛾腺体环状, 位于第 8~9 腹节节间膜处, 雄蛾具有发达的味刷构造, 由 6 对重叠的鳞片刷组成; (3) 雌蛾交配囊管表面的棘刺与雄蛾内阳茎外表面的阳茎针在分布位置和方向互补, 具有高度匹配的关系。微红梢斑螟雌蛾卵巢发育进度可分为 5 级, 2 日龄后雌蛾卵巢饱满, 发育良好; 4 日龄后卵巢衰退。【结论】(1) 雄蛾发达的味刷及外生殖器的高度匹配关系提示其复杂的求偶行为和交配模式, 加之成虫期较短, 可能成虫为单次交配。(2) 雌虫羽化后卵巢基本成熟, 补充营养似乎并非卵巢发育的必要条件。

关键词 微红梢斑螟, 生殖系统, 卵巢发育, 味刷, 超微结构

Study of the reproductive system and ovarian development of *Dioryctria rubella* Hampson

WANG Li-Ping^{1**} JI Bao-Zhong^{1***} LIU Shu-Wen^{2***} ZHAO Zheng-Ping¹ YANG Jin-Jin¹
ZHANG Xin-Wei¹ DING Fang¹ WANG Ya-Zhao¹

(1. Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. The Administration Bureau of Dr Sun Yat-sen's Mausoleum, Nanjing 210014, China)

Abstract 【Objectives】To investigate and describe the morphology of the reproductive system and ovarian development in *Dioryctria rubella*, and deduce the parts of the male and female genitals involved copulation based on their structural characteristics, with the goal of providing a basis for further study of the reproductive biology and sex pheromones of this insect. 【Methods】The characteristics of the internal and external reproductive organs, and female ovarian development, were investigated by dissection and scanning electron microscopy. 【Results】Compared with the reproductive systems of other Phycitinae species, distinctive structural characteristics of the reproductive system of *D. rubella* were as follows: (1) the corpus bursae possessed a well-developed signum, the seminal duct arises from the ventral surface of the corpus bursae, and no bulla seminalis was found. (2) The female sex pheromone gland was ring-like and situated in the intersegmental membrane between the 8th and 9th abdominal segments. Adult males possess well-developed scale brushes, which consist of six pairs of overlapped accessories. (3) The spines on the inner surface of the ductus bursae and the cervix bursa were complementary in position and direction, and a close match, to those of the cornuti on the outer surface of vesica. Furthermore, ovarian development could be divided into 5 stages; the ovaries of 2 day old females were well-developed but began to degenerate after females reached 4 days of age. 【Conclusion】(1) The well-developed male scale brushes and highly matched genitals

* 资助项目 Supported projects :国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD19B0703) ;南京市建委、中山陵园管理局资助课题(200409) ;江苏高校优势学科建设工程资助项目 (164010641) ;南京林业大学南方现代林业协同创新中心资助项目

**第一作者 First author , E-mail : wlpnanlin@163.com

***通讯作者 Corresponding author , E-mail : jbz9885@njfu.edu.cn ; liushuwen2006@163.com

收稿日期 Received : 2015-06-23 , 接受日期 Accepted : 2015-06-30

are indicative of complex courtship and mating behavior. The lifetime of adults is so short that they may only mate once. (2) Ovarian development is almost complete after female emergence, which indicates that post-emergence nutrition may not be a decisive factor in ovarian development.

Key words *Dioryctria rubella*, reproductive system, ovarian development, scale brushes, ultrastructure

微红梢斑螟 *Dioryctria rubella* Hampson 为历史性重大松梢害虫, 分布于我国南北 20 多个省(区), 其幼虫主要危害 4~10 年生松树嫩梢, 钻蛀松梢和球果, 造成主梢枯死及侧梢丛生, 严重影响树木成材(辛海萍和张金桐, 2011)。近年来, 该虫在安徽、湖南、湖北等省大面积发生, 迫使湖南省启动林业生物灾害应急预案二级响应(梁军生等, 2011)。在近二十几年来许多学者对其生物学特性、预测预报及防治技术等方面进行了较多研究, 但其室内生殖行为的研究一直未见报道(王国兴等, 2010; 梁军生等, 2011)。性信息素因其生物活性高、使用简便, 已广泛应用于害虫防治。伍德明等(1986)通过雄蛾触角电位(EAG)结合林间引诱试验对微红梢斑螟性引诱剂进行了研究, 目前使用的引诱剂有一定的效果, 但效果并不显著(张润志等, 1988; 冯志伟等, 2012)。微红梢斑螟性信息素研究面临的一个重要问题是相关基础工作的薄弱, 关于该虫的交配虽有文献报道, 但具体的求偶交配行为并不清晰(田恒德和严敖金, 1989; 李平, 1999), 影响室内交配的主要因子也未能排除。此外, 雌雄成虫性信息素分泌腺体位置与构造、成虫生殖系统是否存在后变态发育及其与补充营养的关系等均有待研究查明。

斑螟亚科生殖系统研究目前已报道 9 种昆虫, 即茄黄斑螟 *Leucinodes orbonalis* Guénée, 玉米螟 *Pyrausta nubilalis* Hübner、二化螟 *Chilo suppressalis* Walker、三化螟 *Tryporyza incertulas* (Walker)、西南玉米螟 *Diatraea grandiosella* Dyar、冷杉梢斑螟 *Dioryctria abietella* (Denis et Schiffermiiller)、南美玉米苗斑螟 *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller)、小蔗螟 *Diatraea saccharalis* (Fabricius)、欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis* Hübner (Srivastava and Srivastava, 1959; Srivastava, 1960; 叶艳玲和陆近仁, 1964; 宋慧英等, 1965;

Davis, 1968; Fatzinger, 1970; Beals and Berberet, 1976; Miskmen *et al.*, 1983; Jones *et al.*, 1984; 廖顺源, 1988; 宋俊元等, 2012)。其中梢斑螟属昆虫仅冷杉梢斑螟 1 种(Fatzinger, 1970)。本文通过雌雄成虫解剖和扫描电镜观察, 描述了微红梢斑螟雌、雄生殖系统构造, 初步确定了雌、雄成虫性信息素腺体位置与构造及卵巢管发育特征。本研究可作为微红梢斑螟的生殖行为和性信息素研究等的参考。文中各生殖系器官的命名参照嵇保中等(2014), 雄蛾味刷各部分的命名参照 Simonsen 和 Roe(2009)。卵巢分级参照陈若麓等(1979), 吕万明(1980), 张韵梅和牟吉元(1994)。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

微红梢斑螟幼虫及蛹于 2013 年 3—9 月采自安徽明光地区的马尾松幼林。将带虫梢带回实验室进行剖查, 对取食较少、髓心和木质部保留较多、湿度较合适的枝梢, 剖查后将幼虫或蛹继续保留在原蛀道内发育, 那些髓心和木质部取食殆尽的枝梢则转入新梢内的人工虫道中饲养, 新枝梢长度 10~15 cm。将上述带虫梢基部插在花泥中, 梢外罩以玻璃试管保湿, 整体置于带水的大培养皿内, 于 25℃、光暗周期 L:D=14:10、相对湿度 75%~80%条件下饲养。成虫羽化后, 将雌雄成虫成对置于 500 mL 烧杯内饲养, 烧杯以保鲜膜封口, 保鲜膜上刺细孔透气, 另以 0.5% 蜂蜜水浸湿的棉球作为补充营养源, 饲养的温湿度同上。

1.2 解剖方法

微红梢斑螟生殖系统解剖选取 2~4 日龄雌、雄蛾各 20 头作为解剖对象, 卵巢管解剖对象为各日龄雌蛾, 每日龄约 3 头。将已麻醉的虫体置

于体视显微镜下,使其腹部朝上固定在盛有林格氏液(6.5 g NaCl, 0.14 g KCl, 0.12 g CaCl₂, 0.2 g NaHCO₃, 0.01 g NaH₂PO₄, 定容至 1 L)的蜡盘上进行解剖。解剖雌蛾时,用剪刀将其腹部沿尾部末端到腹部顶端轻轻剪开,解剖雄虫时沿虫体腹部侧面剪开,将生殖器官取出置于培养皿中,并将脂肪粒和气管仔摘掉,使生殖器官构造完全暴露出来。

1.3 图像采集方法

在光学显微镜下观察、测量并描述雌雄生殖器官的构造,采用安装在体视显微镜上的 CCD 图像软件(JFMV)进行拍照,并对各生殖器官进行测量分析。解剖所得的生殖器官保存在固定液(40%甲醛,1.25 mL 冰醋酸,10 g 水合三氯乙醛,定容至 100 mL)中备用。将拍摄的照片打印出来,用硫酸纸临摹,描画生殖器官线条图,用 BenQ 扫描仪将线条图扫描成照片,并用 Adobe Photoshop CS3 给扫描的各生殖器官构造添加标注。

1.4 扫描电镜观察

将交配囊管在上述固定液中固定约 15 d,用 0.1 mol/L, pH 7.2 的磷酸缓冲液冲洗 20 min,操作两次,观察前用 0.1 mol/L, pH 7.2 的磷酸缓冲液清洗 20 min,再用酒精对交配囊管进行梯度脱水(30%、50%、70%、90%各脱水 1 次,每次 15 min,100%脱水 3 次,每次 20 min),干燥后将交配囊管固定在样品台上。样品喷金后,置于 FEI Quanta 200 扫描电子显微镜下观察并拍照,加速电压为 15 kV,样品放大 350~12 000 倍。

2 结果与分析

2.1 雌性生殖系统

2.1.1 雌蛾内、外生殖器

雌性内生殖器:雌蛾内生殖器官包含成对的卵巢管、成对的侧输卵管、中输卵管、腺受精囊及其腺体、生殖腔及附腺(图 1:A)。卵巢通过被微气管和脂肪体缠绕而固定体内的相应位置,每卵巢包含 4 支卵巢管。每侧卵巢的卵巢管通

过其间的脂肪体和被膜紧密贴合,端部通常折叠 2~3 次。卵巢管柄短,经卵巢萼汇入侧输卵管,两侧的侧输卵管汇入中输卵管,中输卵管略长于侧输卵管。导精管和受精囊管开口于生殖腔前端。受精囊管在其中下部盘曲成螺旋状,共 10 个螺旋分为 2 组,5 个螺旋一组,两组螺旋呈反向盘曲。受精囊体呈棒状,前端发出 1 支较为粗短的受精囊腺,受精囊腺末端偶有 2 分支。附腺柄开口于生殖腔近中部,呈直管状,前端两侧发出 2 支附腺管,每附腺管端部膨大形成肾形的附腺囊,在附腺囊前端发出细长扭曲的附腺,盘区折叠在腹腔内。

雌性外生殖器 雌蛾产卵器由腹部末端 8~10 腹节组成,产卵孔位于生殖腔后端的肛孔之下。肛乳突末端弱骨质化,呈乳头状,表面被细长毛。腺体呈环状,由第 8~9 腹节的节间膜组成。肛乳突边缘着生着成对后表皮突,前表皮突着生于第 8 腹节,前、后表皮突弱骨质化。交配囊大型,约呈火炬状,交配囊体呈马蹄形,交配囊颈短,从交配囊体下侧伸出与交配囊管相连。交配囊管骨质化,其末端通过第 7、8 腹节节间膜上的交配孔开口于体外,两侧向内卷曲呈细皱褶状。交配囊片发达,大致位于交配囊体中心部位内壁,为由密生细长的,超过 500 根的棘刺组成的环形骨片。导精管从交配囊体顶端一侧发出,在前段约 1/3 处盘旋 3 圈,其余部分略膨大,另一端开口于生殖腔顶端,着生点位于受精囊管着生点的稍上方(图 1:A, B)。

2.1.2 交配囊管内表面扫描电镜观察 雌蛾交配囊管内表面的扫描电镜图如图 2 所示,其内部形态丰富。交配囊管与交配囊颈连接处的内表面有许多分布均匀的棘刺,这些棘刺均分布在一边,长约 10.0 μm(图 2:A, B)。交配孔内表面两边形态各异(图 2:C),一边密被长感觉毛(图 2:D),另一边则为褶皱状肌肉(图 2:E)。交配囊管分布棘刺的一边与交配孔密被长毛的一边相对。连接在交配孔上的膜凹凸不平,膜上均匀分布许多大的乳头状突起,每个大突起又被许多小的突起包围(图 2:F)。交配囊管内表面中部有纵向褶皱,但褶皱表面光滑无刺(图 2:G)。

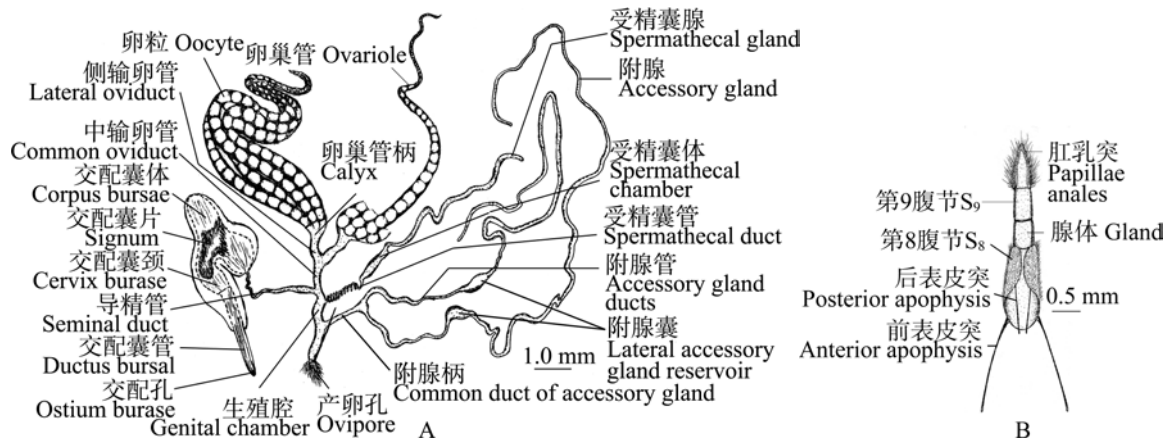


图 1 微红梢斑螟雌性生殖系统

Fig. 1 Female reproductive system of *Dioryctria rubella*

A. 雌性生殖系统; B. 雌蛾腹部末端腹节。

A. Female reproductive system; B. Terminal female abdominal segments.

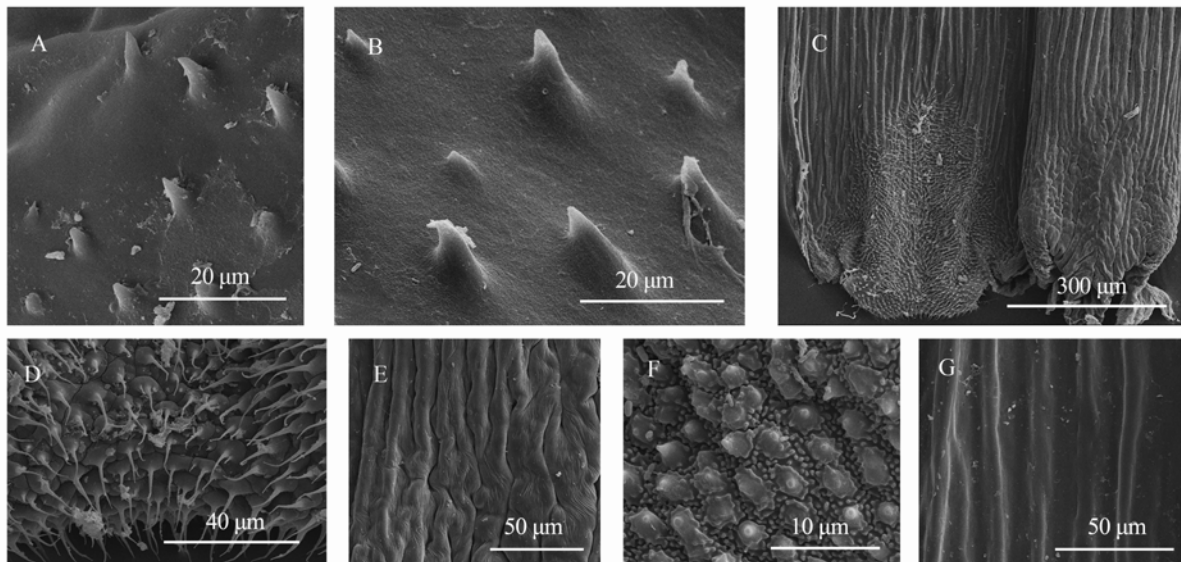


图 2 交配囊管内表面扫描电镜图

Fig. 2 SEM micrographs of the inner surface of the ductus bursae

- A. 交配囊管前端, 示针状内表面; B. 交配囊颈内表面; C. 交配孔内表面; D. 交配孔内表面, 示感觉毛; E. 交配孔内表面, 示褶皱肌肉; F. 交配孔周围膜; G. 交配囊管内表面中部。
- A. Anterior end of the ductus bursae, showing spiculate surface; B. The inner wall of the cervix bursae; C. The inner wall of the ostium bursae; D. The inner wall of the ostium bursae, showing sense hairs; E. The inner wall of the ostium bursae, showing plicated muscles; F. Membranes joining to the ostium bursae; G. Middle part of the ductus bursae.

2.1.3 卵巢发育进度 根据 1~7 日龄不同卵巢管的发育特征, 将其分为 5 级:

I 级 (1 日龄) (图 3:A): 卵巢管细小, 每侧卵巢管通过隔膜、脂肪体及微气管紧紧合并

在一起, 不易分散。卵巢管端部的生长区尚未形成卵室, 呈透明状, 近基部的生殖区发现卵黄沉积物。脂肪体呈饱满的圆球形, 乳白色, 充满腹腔并包围两侧卵巢。卵巢管柄、侧输卵管及中输

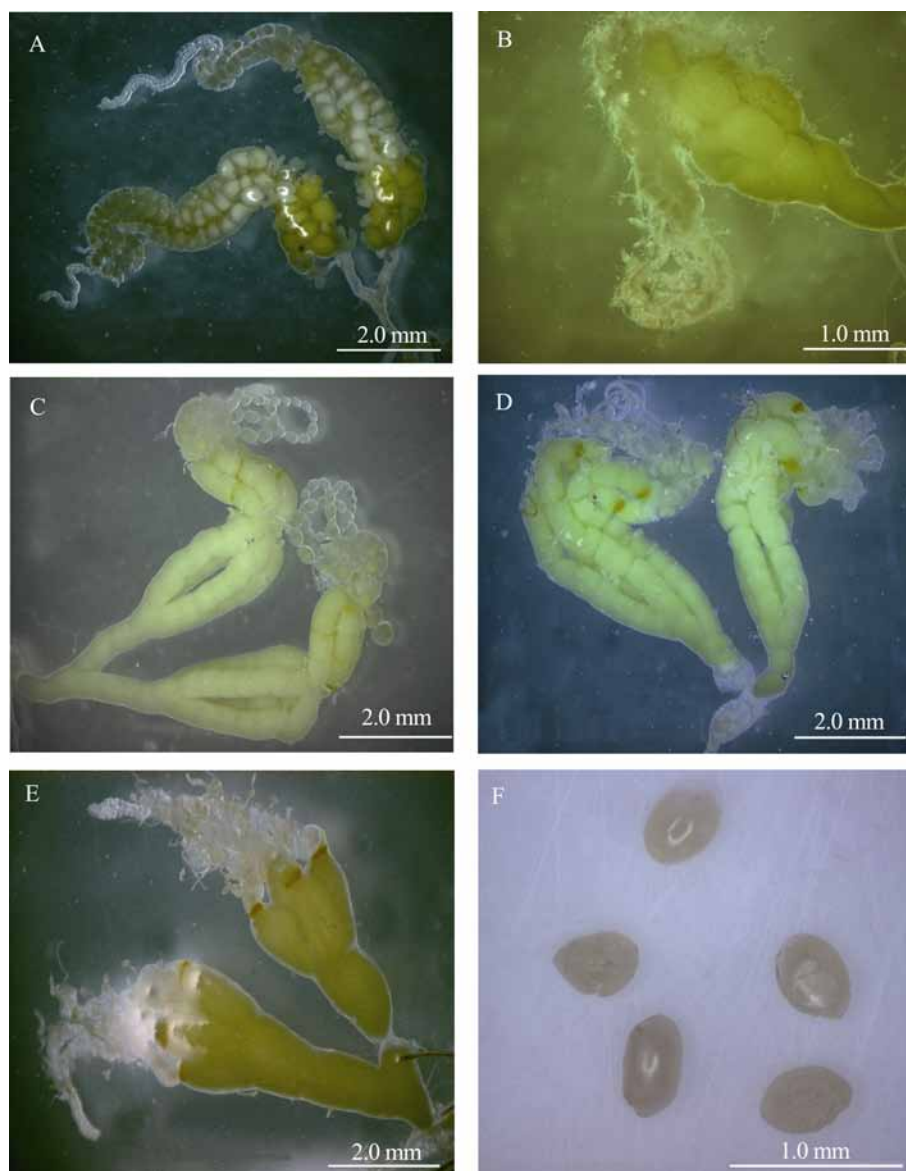


图 3 卵巢管发育进度

Fig. 3 The development of ovary

A. I 级卵巢 ; B. II 级卵巢 ; C. III 级卵巢 ; D. IV 级卵巢 ; E. V 级卵巢 ; F. 卵粒。

A. Grade I of ovary; B. Grade II of ovary; C. Grade III of ovary; D. Grade IV of ovary; E. Grade V of ovary;
F. Egg granules.

卵管均为细长、透明状,里面没有卵细胞的存在。

II 级 (2~3 日龄) (图 3 : B) : 卵巢管增粗, 每侧卵巢管通过隔膜、脂肪体及微气管螺旋缠绕在一起, 较 I 级卵巢贴的更为紧密。卵黄沉积物充满卵室空间, 各卵室界限较清晰。腹腔内脂肪体仍较满, 脂肪细胞变长圆形, 乳白色。卵巢管柄、侧输卵管及中输卵管膨大, 卵室中的卵细胞

充满卵巢管柄、侧输卵管和中输卵管。

III 级 (3~4 日龄) (图 3 : C) : 卵巢管变得粗长, 每侧卵巢管生殖区基部分开, 中部通过脂肪体和微气管缢缩在一起, 端部卵巢管愈合, 在生殖区与生长区连接处再次缢缩。生殖区中卵粒排列紧密, 卵室界较清晰。生殖区中的卵室之间有明显的缢缩界限, 基部的卵室可见淡黄色膨大的

未成熟卵。腹腔内脂肪体较Ⅱ级卵巢少,脂肪体细胞呈长形丝状。卵巢管柄不明显,侧输卵管和中输卵管中存有卵粒,且排列紧密。

Ⅳ级(4~6日龄)(图3:D):每侧4支卵巢管生殖区部分相互分离,仅端部缠绕在一起。生殖区中卵室有明显分界线。腹腔内脂肪体明显减少,几乎耗尽,白色丝状气管缠绕在卵巢周围。侧输卵管及中输卵管中的卵粒成熟度高,易脱落,脱离的卵粒如图4(F)所示。卵粒淡黄色,呈椭圆形,长约0.7~0.9 mm,卵壳薄而柔软。

Ⅴ级(7日龄及以上)(图3:E):两侧卵巢管端部明显萎缩,卵室间无界限不明显,卵巢管壁变薄,易破裂。卵巢管随端部生长区卵巢管中残存的成熟卵不多,每卵巢管大约2~3粒,卵粒颜色深黄色。腹腔内脂肪体消耗殆尽,仅存极少数丝状气管围绕在卵巢周围。

2.2 雄性生殖系统

2.2.1 雄蛾内、外生殖器

雄性内生殖器:雄蛾内生殖器包含两个精巢、成对的输精管、成对的复射精管、单射精管及成对的附腺管(图4:A)。精巢位于第3~4腹节的腹腔内,两侧的精巢有共同膜包被着,呈亮红色球状。精巢被膜下方成对的贮精囊呈“X”形交叉,前、后部膨大形成贮精囊的前、后段。输精管细长,连接于复射精管靠近附腺管的1/3处,自连接点起向一侧发出1对附腺,附腺近基部一小段分开,其余大部分长度紧密贴合在一起,附腺管末端呈棒状。复射精管较粗短,另一端汇入单射精管。单射精管由两部分组成,即前部较长的原节和后部很短的表皮节,原节为薄壁膜质管,表皮节为具有肌肉质厚壁的组织,近原节处增粗,表皮节厚壁肌之后的部分有质地较硬的角状侧突,可能为精包系带形成的场所。单射精管表皮节的末端与内阳茎相连。

雄性外生殖器:微红梢斑螟雄性外生殖器(图4:B)由第9、10腹节特化形成。外生殖器上的爪形突顶端呈圆形,两侧互相平行,边缘向内凹陷。颚形突细小梨形,顶端伸出尖突,在左右两侧有硬化弓状的宽臂与背兜连接。背兜硬

化,形如盾状。基腹弧腹面内陷呈“V”字形,两臂与背兜相连。阳茎端环薄骨质化,位于基腹弧中央呈圆形。阳茎端环顶端伸出细长指状两臂,末端被细毛。阳茎端环周围通过隔膜与抱器背相连,抱器背坚硬,末端粗壮,并伸出镰钩形长尖突。抱器背基突位于抱器背基部内侧,成对存在,细长位于阳茎端环两侧。抱器背基部的外侧有3~4条相互平行的纵端脊。抱器瓣膜质被细长绒毛,从纵端脊基部向后伸出与抱器腹接连。

雄蛾阳茎端细长筒状,端部通过背兜和基腹弧间的隔膜与抱器背基突相连,隔膜环绕阳茎端的部分形成双褶,使阳茎端可以伸缩,位于阳茎端内部的内阳茎管与阳茎端外壁形成可相互滑行的套筒式结构。连接内阳茎的单射精管具有伴生的肌纤维束,内阳茎可以借助肌纤维束的伸缩而进行前后滑行,使其呈现内缩或外翻状态。单射精管开口于内阳茎的顶端,形成初生生殖孔,休止状态时,内阳茎缩回与阳茎管形成次生生殖孔(图4:D)。内阳茎端部有一枚粗大的阳茎针,长约0.78 mm,被两片瓣状肌肉膜包围着,与之对应的端部的另一侧有5~10根细长阳茎针,长约0.32 mm,近基部有1~3丛簇生的,长度约为0.28 mm的短阳茎针,这些阳茎针指向随内阳茎的位置的改变而改变。当内阳茎处于休止状态时,上述阳茎针顶端指向阳茎端部;当内阳茎外翻伸出后,阳茎针指向阳茎基部呈倒刺状(图4:C)。

2.2.2 雄蛾味刷 雄蛾味刷(鳞片刷 Scale brushes)着生于雄蛾第8腹节腹板基脊(Basal ridge),由6对形态不同的部分组成(图4:E)。最背面的一对是鳞片毛丛(Scale tufts),由许多细长的毛状鳞片组成,位于第8腹节腹板的两侧。第8腹节腹板基部两侧发出两对长而弯曲的侧杆,位于背面的背侧杆(Dorsal lateral rod)较为宽厚;位于腹面的腹侧杆(Ventral lateral rods)则很细长。假抱器(Pseudoclasps)起源于第8腹节腹板的基部侧面,位于两对侧杆的中后方。假抱器杆粗壮,杆的端部有发达的头部,头部具有卷曲的内缘、大型下弯的腹钩以及尖突(Apical projection)、中齿(Medial prongs)、侧

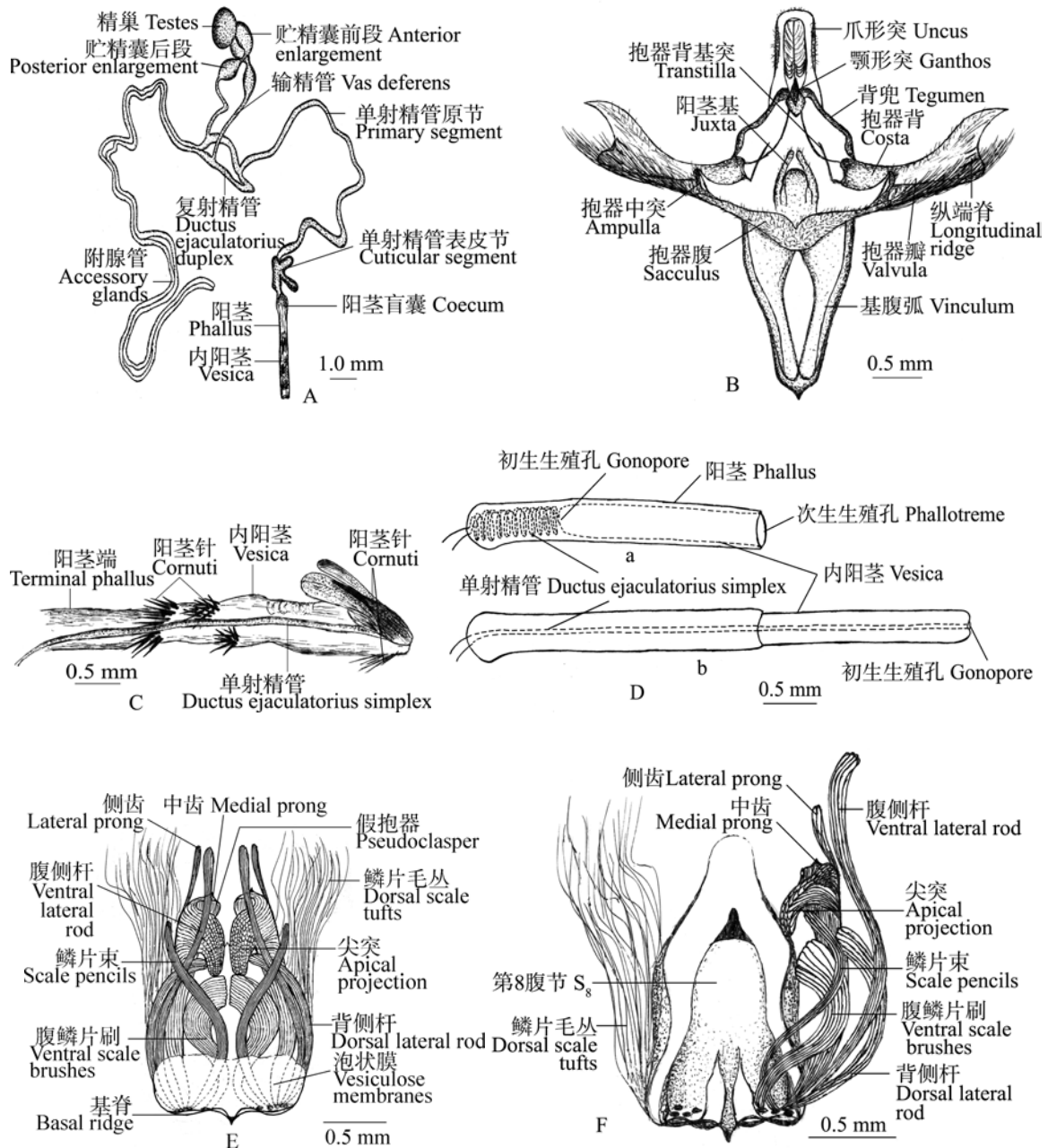


图 4 微红梢斑蛾雄性生殖系统

Fig. 4 Male reproductive system of *Dioryctria rubella*

A. 雄性生殖系统; B. 雄性外生殖器 (去除阳茎); C. 内阳茎伸出状; D. 阳茎管和内阳茎伸缩示意图: a. 休止状态下的套叠结构; b. 内阳茎外翻结构; E. 味刷腹视 (折叠状); F. 味刷腹视 (展开状: 部分结构去除)。

A. Male reproductive system; B. Male genitalia (the phallus has not been sketched); C. Eversion of vesica; D. The schematic diagram of the phallus and the vesica: a. The telescopic structure; b. The phallus with eversible vesica; E. Ventral view of scale brushes (overlapped sight); F. Ventral view of scale brushes (unfolded sight: with partly removed).

齿 (Lateral prongs) 等构造。腹鳞片刷 (Ventral scale brushes) 大型, 向侧面弯曲, 位于假抱器的腹面, 起源于第 8 腹节腹板基部背面中部两

侧。鳞片束 (Scale pencils) 1 对, 较细长, 由少数鳞片疏松集束而成, 基部着生于第 8 腹节腹板基部、腹鳞片刷的腹侧面 (图 4: E, F)。

3 讨论

微红梢斑螟生殖系统的形态特征与其它斑螟亚科昆虫大体相似,但仍有一些显著区别。*Etielloides*, *Endotricha* 和 *Passadenoides* 属昆虫的导精管从交配囊管与交配囊颈的结合点附近发出 (Ferris, 2004; Ren and Li, 2006; Sun and Li, 2009), 而微红梢斑螟和梢斑螟属的其他一些种类昆虫的导精管则从交配囊管的侧腹面发出 (Fatzinger, 1970; 王平远和宋士美, 1985)。微红梢斑螟雌蛾生殖系统构造与冷杉梢斑螟的区别在于,在微红梢斑螟的导精管里没发现导精管球,有认为导精管球可能是一个泵器官,具有运输精液的作用 (Fatzinger, 1970)。然而, Callahan 和 Cascio (1963) 指出,在导精管中缺乏导精管球的昆虫中,导精管的蠕动同样也能帮助精液的运输。微红梢斑螟的交配囊体呈“U”形,交配囊片发达,由许多棘刺组成。这些特点类似于梢斑螟属的一些昆虫 (王平远和宋士美, 1985), 而 *Endotricha* 属昆虫的交配囊体呈圆形,并且交配囊片不发达 (Sun and Li, 2009), *Etielloides* 和 *Lipographis* 属的一些昆虫甚至没有交配囊片 (Ren and Li, 2006; Ferris, 2012)。交配囊片在雌雄蛾交配后具有滞留精包的作用,而精包最后的形状由交配囊体决定 (Ferro and Akera, 1975)。微红梢斑螟发达的交配囊片和“U”形的交配囊体预示着它具有很强的滞留精包的能力。通过解剖雌蛾交配囊查看精包的有无,是判定雌雄蛾是否交配的常用方法。微红梢斑螟雌蛾配对饲养后,交配囊中并未发现精包的存在,说明室内雌雄成虫并未进行交配,具体原因有待进一步研究。

微红梢斑螟雌蛾腺体位于第 8~9 腹节节间膜,呈环状,与大多数螟蛾昆虫相似。雄蛾具有发达的味刷,在一些斑螟亚科昆虫交配过程中,雄蛾味刷能够释放性信息素吸引雌蛾 (Phelan and Baker, 1990)。Phelan 和 Baker (1990) 认为具有发达味刷的雄蛾可能具有一个更复杂的、交互式的交配进程。微红梢斑螟生殖行为目前尚未见系统研究报道,其雄蛾发达的味刷可能也能

预示它们复杂的交配模式。此外,雄蛾内阳茎外表面和雌蛾交配囊管及交配囊颈的内表面的构造很好的匹配关系可能加强了雌雄蛾在交配过程中外生殖器的固定,提高了交配行为的稳定性。由于微红梢斑螟成虫寿命短暂,其复杂的交配模式可能意味着成虫具有单次交配、求偶行为复杂、交配过程耗时较长等生殖行为特点。

观察卵巢发育进度是害虫预测预报的常用方法 (张春辉, 1994; 齐国君等, 2011), 微红梢斑螟雌蛾卵巢发育可分为 5 级,各级特征可作为相关研究或虫情检查的参考。微红梢斑螟雌蛾卵巢在 2 日龄已成熟,2~4 日龄雌蛾卵巢饱满,发育良好,4 日龄后卵巢管逐渐衰退,补充营养似乎并非卵巢发育的必要条件。

参考文献 (References)

- Beals GR, Berberet RC, 1976. Anatomy and histology of selected systems in larval and adult *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 69(6): 1105–1119.
- Callahan PS, Cascio T, 1963. Histology of the reproductive tracts and transmission of sperm in the Corn Earworm, *Heliothis zea*. *Annals of the Entomological Society of America*, 56(4): 535–556.
- Chen RC, Cheng XN, Yang LM, Yin XD, 1979. The ovarian development of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) and its relation to migration. *Acta Entomologica Sinica*, 22(3): 280–287. [陈若尧, 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): 280–287.]
- Davis, FM, 1968. Morphology of the reproductive systems of the southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*. *Annals of the Entomological Society of America*, 61(5): 1143–1147.
- Fatzinger CW, 1970. Morphology of reproductive organs of *Dioryctria abietella* (Lepidoptera: Pyralidae (Phycitinae)). *Annals of the Entomological Society of America*, 63 (5): 1256–1261.
- Feng ZW, Yan ZL, Liu YC, Hu GH, Li SG, 2012. Comparison of trap-catch amount of *Dioryctria rubella* and *Retinia cristata* moths in mixed and pure pinus kesiya var. langbianensis stands. *The West Forestry Science*, 41(2): 96–98. [冯志伟, 闫争亮, 刘云彩, 胡光辉, 李思广, 2012. 思茅松纯林及针阔混交林中松实小卷蛾和微红梢斑螟诱捕量比较研究. 西部林业科学,

- 41(2): 96–98.]
- Ferris CD, 2004. A new species of *Passadenoides* Neunzig from Wyoming and New Mexico (Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae). *Zootaxa*, 24(10): 1–8.
- Ferris CD, 2012. A new Phycitine species from New Mexico (Pyraloidea: Pyralidae: Phycitine). *Journal of the Lepidopterists' Society*, 66(3): 165–167.
- Ferro DN, Akera RD, 1975. Reproductive morphology and mechanics of mating of the codling moth, *Laspeyresia pomonella*. *Annals of the Entomological Society of America*, 68(3): 417–424.
- Ji BZ, Liu SW, Cao DD, 2014. The Reproductive System in Insects. Beijing: Science Press. 762–775. [嵇保中, 刘曙雯, 曹丹丹, 2014. 昆虫生殖系统. 北京: 科学出版社. 762–775.]
- Jones JA, Guthrie WD, Brindley TA, 1984. Postembryonic development of the reproductive system of male European corn borers, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 77(2): 155–164.
- Liang JS, Zhou G, Tong XW, Liu YJ, Wang XL, Luo XK, 2011. Research progress and countermeasures of *Dioryctria rubella* Hampson. *Forest Pest and Disease*, 30(2): 29–32. [梁军生, 周刚, 董新旺, 刘跃进, 王溪林, 罗贤坤, 2011. 微红梢斑螟的研究进展与防治对策. 中国森林病虫, 30(2): 29–32.]
- Liao SY, 1988. Morphology of the female reproductive system and development of ovary of *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Chinese Bulletin of Entomology*, 25(6): 363–365. [廖顺源, 1988. 二化螟雌蛾生殖系统和卵巢发育观察. 昆虫知识, 25(6): 363–365.]
- Li P, 1999. Studies on biology of *Dioryctria rubella* Hampson and its control. *Entomological Journal of East China*, 8(2): 4–5. [李平, 1999. 微红梢斑螟的生物学特性及其防治. 华东昆虫学报, 8(2): 4–5.]
- Lv WM, 1980. The preliminary observation on the structures of the female reproductive system and grading criteria on the ovarian development of *Sogatella furcifera* (Horváth). *Chinese Bulletin of Entomology*, 17(4): 182–183. [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.]
- Miskmen GW, Rodriguez NL, Nazario ML, 1983. Reproductive morphology and sperm transport facilitation and regulation in the female sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 76(2): 248–252.
- Phelan PL, Baker TC, 1990. Comparative study of courtship in twelve Phycitinae moths (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Insect Behavior*, 3(3): 303–326.
- Qi GJ, Lu F, Hu G, Wang FY, Gao Y, Li LH, 2011. The application of ovarian dissection in the research on migratory insects in China. *China Plant Protection*, 31(7): 18–21. [齐国君, 芦芳, 胡高, 王凤英, 高燕, 吕利华, 2011. 卵巢解剖在我国迁飞昆虫研究中的应用. 中国植保导刊, 31(7): 18–21.]
- Ren YD, Li HH, 2006. A taxonomic review of the genus *Etielloides* Shibuya (Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae) from China, with description of a new species. *Oriental Insects*, 40(1): 135–144.
- Simonsen TJ, Roe AD, 2009. Phylogenetic utility and comparative morphology of the composite scale brushes in male Phycitine moths (Lepidoptera, Pyralidae). *Zoologischer Anzeiger: Journal of Comparative Zoology*, 248(2): 119–136.
- Song HY, Zhou LS, You LS, 1965. A preliminary study on the reproductive system of the paddy borer, *Tryporyza incertulas* (Walker). *Acta Entomologica Sinica*, 14(3): 285–296. [宋慧英, 周玲茜, 游兰韶, 1965. 三化螟 *Tryporyza incertulas* (Walker) 内部生殖系统的初步研究. 昆虫学报, 14(3): 285–296.]
- Song JY, Hu Y, Fu Q, Zheng YL, 2012. Anatomical study on the structures of male reproductive system in *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, (5): 686–688. [宋俊元, 胡阳, 傅强, 郑永利, 2012. 二化螟雄虫内生生殖系统结构的解剖. 浙江农业科学, (5): 686–688.]
- Srivastava BP, 1960. Morphology of the reproductive organs of *Leucinodes orbonalis* Guen (Lepidoptera, Pyraustidae) part II the male organs. *Indian Journal of Entomology*, 196(22): 160–171.
- Srivastava US, Srivastava BP, 1959. Observations on the post-embryonic development of the female reproductive organs in *Leucinodes orbonalis* Guen. (Lepidoptera: Pyraustidae) with notes on the homology in the two sexes. *Journal of the Linnean Society of London, Zoology*, 44(296): 203–211.
- Sun YL, Li HH, 2009. One new species and two new species records of the genus *Endotricha* Zeller, 1847 from China (Lepidoptera: Pyralidae). *Shilap. Revista de Lepidopterología*, 37(146): 249–255.
- Tian HD, Yan AJ, 1989. A study on the splendid knot-horn moth, (*Dioryctria rubella* Hampson). *Journal of Nanjing Forestry University*, 13(1): 54–63. [田恒德, 严敖金, 1989. 微红梢斑螟的研究. 南京林业大学学报, 13(1): 54–63.]
- Wang GX, Ji BZ, Liu SW, Gao JY, Gao YG, Kuang MH, 2010.

- Development and adult behavior of *Dioryctria rubella* Hampson. *Forest Pest and Disease*, 29(1): 1–4. [王国兴, 嵇保中, 刘曙雯, 高江勇, 高玉国, 况美华, 2010. 微红梢斑螟发育进度和成虫行为的初步研究. *中国森林病虫*, 29(1): 1–4.]
- Wang PY, Song SM, 1985. Revision of Chinese coneworms *Dioryctria* of the *sylvestrella* group (Lepidoptera: Pyralidae, Phyoitinae). *Acta Entomological Sinica*, 28(3): 302–313. [王平远, 宋士美, 1985. 中国赤松梢斑螟种团的种类订正 (鳞翅目: 螟蛾科, 斑螟亚科). *昆虫学报*, 28(3): 302–313.]
- Wu DM, Ding ZR, Cui JR, Yan YH, 1986. The study of sex attractant of the pine tip moth *Dioryctria rubella* Hampson. *Scientia Silvae Sinicae*, 22(4): 368–372. [伍德明, 丁兆荣, 崔君荣, 阎云花, 1986. 微红梢斑螟性引诱剂的研究. *林业科学*, 22(4): 368–372.]
- Xin HP, Zhang JT, 2011. Research advances on *Dioryctria rubella* Hampson. *Modern Agricultural Science and Technology*, (8): 171–172. [辛海萍, 张金桐, 2011. 微红梢斑螟研究进展. *现代农业科技*, (8): 171–172.]
- Ye YL, Lu JR, 1964. Internal reproductive organs and the structure of spermatophore in *Pyrausta nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae). *Chinese Bulletin of Entomology*, 1(4): 152–154. [叶艳玲, 陆近仁, 1964. 玉米螟 (*Pyrausta nubilalis* Hübner) 雌蛾的内部生殖器官和精珠的构造. *昆虫知识*, 1(4): 152–154.]
- Zhang CH, 1994. The application of ovarian dissection in the pests forecast and control. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 10(1): 53. [张春辉. 卵巢解剖在害虫测报和防治上的应用. *中国农学通报*, 10(1): 53.]
- Zhang RZ, Li ZY, Li JG, 1988. The application of sex attractant of *Dioryctria rubella* Hampson to forecast its population density. *Forest Pest and Disease*, (1): 18–19. [张润志, 李镇宇, 李继纲, 1988. 应用微红梢斑螟性诱剂测报虫情. *森林病虫通讯*, (1): 18–19.]
- Zhang YM, Mou JY, 1994. The study on the histochemistry of ovarian development and the forecasting grade criteria in *Helicoverpa armigera* Hübner. *Shandong Agricultural Sciences*, (3): 7–9. [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.]



枸杞木虱 *Poratrioza sinica* Yang et Li 卵和若虫

枸杞木虱隶属于半翅目 Hemiptera 木虱科 Psyllidae, 是危害枸杞的重要害虫, 以成虫、若虫刺吸叶片组织, 吸食汁液导致叶片枯黄、树势衰弱、果实发育不良、品质下降。枸杞木虱若虫扁平, 附着叶表或叶下刺吸危害。初孵若虫黄色, 背上具大型褐斑 2 对, 具红色眼点, 体缘具白缨毛。

(张润志 中国科学院动物研究所)