应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2015, 52(2): 461–469. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2015.052

黑肾卷裙夜蛾形态及生物学特性初步观察*

刘 怡[1**] 曹春雷[2] 马 涛[3] 李奕震[1***] 温秀军[1] 张媛媛[1]

（1. 华南农业大学林学院，广州 510642；2. 肇庆市林业科学研究所，肇庆 526020；
3. 北京中捷四方生物科技股份有限公司，北京 101102）

摘 要 黑肾卷裙夜蛾 *Plecoptera oculata* Moore 是我国南方珍贵树种降香黄檀 *Dalbergia odorifera* 种植区的一种食叶性害虫。**【目的】** 初步研究黑肾卷裙夜蛾的形态特征、生物学特性以及生活史等问题。**【方法】** 通过室内观察和野外调查，数据精确测量与统计，总结与分析了黑肾卷裙夜蛾的形态、生物学特性等问题。**【结果】** 黑肾卷裙夜蛾幼虫 6 龄，黑肾卷裙夜蛾一个世代发育需要（41.64±1.59）d，越冬代约为 120 d，室内饲养存活率为 61.37%±0.80%，其中卵发育历期（7.53±0.40）d，孵化率为（86.67%±1.43）%，幼虫发育历期为（18.42±0.41）d，存活率为 61.30%±1.21%，蛹期为（8.67±0.58）d，羽化率为 75.55%±1.14%，成虫寿命为（7.02±0.78）d，存活率为 74.44%±1.12%，该虫在广东地区一年发生可以发生 7~8 代，且具有世代重叠现象。**【结论】** 通过了解该虫的生物学特性，为切实可行的防控黑肾卷裙夜蛾提供理论依据。

关键词 黑肾卷裙夜蛾，形态特征，生活史，生物学特性，生活习性

Preliminary observations on the morphological and biological characteristics of *Plecoptera oculata* (Lepidoptera:Noctuidae)

LIU Yi[1**] CAO Chun-Lei[2] MA Tao[3] LI Yi-Zhen[1***] WEN Xiu-Jun[1] ZHANG Yuan-Yuan[1]

(1. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2. Zhaoqing Institute of Forestry, Zhaoqing 526020, China; 3. Pherobio Technology Co. Ltd., Beijing 101102, China)

Abstract *Plecoptera oculata* Moore is a serious defoliator of *Dalbergia odorifera* forests. **[Objectives]** To investigate the morphology, biological characteristics and life cycle of *P. oculata*. **[Methods]** Laboratory observation and field investigation. **[Results]** The larvae of *P. oculata* had 6 instars. The duration of a whole generation was (41.64±1.59)d, and the over-wintering stage lasted three months. The egg stage lasted for (7.53±0.40)d, and the ratio of egg fertility was about 86.67%±1.43%. The larval stage lasted for (18.42±0.41)d and the pupal stage (8.67±0.58)d. The life span of adults was (7.02±0.78)d. There are 7 or 8 generations per year in Guangdong and generations overlap. **[Conclusion]** Biological characteristics of *P. oculata* provide both a practical and theoretical basis for the control and prevention of this pest.

Key words *Plecoptera oculata*, morphology, life history, biological characteristics, life habits

黑肾卷裙夜蛾 *Plecoptera oculata* Moore 隶属于鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae，是我国南方珍贵树种降香黄檀 *Dalbergia odorifera* 的重要害虫，同时对南岭黄檀 *Dalbergia balansae*、马占相思 *Acacia mangium*、海南红豆 *Ormosia pinnata*、藤黄檀 *Dallergia hancai* 等也有一定的危害性，主要分布于海南、广东、广西、云南等地。

降香黄檀为我国二级保护植物，除原产地海南大规模种植外，我国广东、广西、云南、福建等局部地区已引种成功，加之近年来栽培技术的

* 资助项目 Supported projects：广州市城市林业和园林局科研项目“广州市城市森林可持续经营系统研究”；珍贵阔叶树种的病虫害监控及综合治理技术研究与应用（2012KJCX016-05）

**第一作者 First author，E-mail：397091990@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：yizhen@scau.edu.cn

收稿日期 Received：2014-09-02，接受日期 Accepted：2014-09-28

规范化，种植面积逐年扩大（孟慧等，2010），而黑肾卷裙夜蛾 *Plecoptera oculata* Moore 对于该树种常造成危害，严重时可将 90%以上叶片吃光，造成枯枝、空枝，严重影响降香黄檀正常生长。黑肾卷裙夜蛾分布于我国广东、广西、海南、云南等地，在国外如缅甸、越南、菲律宾都有分布（倪臻等，2008）。本文对该害虫各虫期的形态特征进行了详细观察，初步研究了其基本生物学特性，为更好的防控其危害提供生物学依据。

1 材料与方法

1.1 虫源及饲养

黑肾卷裙夜蛾幼虫采自广东省肇庆市南方珍贵树种保护基地，在华南农业大学林学院昆虫化学生态实验室进行饲养，共计饲养约 1 200 头，饲养条件为温度 25℃±1℃，相对湿度 75%±5%，光周期：14L：10D（Ogihara *et al.*，1995）。食物为野外采集的新鲜降香黄檀叶片，老熟幼虫结茧后，将虫茧放入成虫饲养笼中，成虫羽化后，饲喂 10%的蜂蜜水。每个养虫笼（35 cm×35 cm×55 cm、半透明网布网格 120 目）中放入 10 对雌雄成虫，以便观察交配情况。将交配之后的雌虫放入装有 10%蜂蜜水和降香黄檀叶片的一次性塑料盒（D=2.5 cm 、H=8 cm）中用纱布盖住盒口，待其产卵。饲喂幼虫降香黄檀叶片每 2 d 更换一次（冯波等，2013）。

1.2 黑肾卷裙夜蛾形态特征观察

选 ABC 3 个塑料盒（D=2.5 cm 、H=8 cm），每盒放入 10 粒新产虫卵，A、B、C 3 个塑料盒均置于温度 25℃相对湿度 70%~80%的养虫室内。每天上午 9:00 和 17:00 观察黑肾卷裙夜蛾卵发育情况，将同一时间孵化（蜕皮、化蛹、羽化）的黑肾卷裙夜蛾放入同一个培养皿，并记录时间，老熟幼虫结茧后，利用剪刀小心剪开虫茧，取出蛹。利用显微镜观察黑肾卷裙夜蛾卵、各龄幼虫、蛹和成虫的形态特征，并拍摄和测量，选择稳定的形态特征进行描述，描述术语参考中国蛾类图鉴（朱弘复，1983；陈一心，1999）。

1.3 黑肾卷裙夜蛾发育历程和存活率调查研究

将新产卵 30 粒放入塑料盒中，分 3 组，每组 10 粒，每天上午 9:00 和下午 5:00 观察黑肾卷裙夜蛾的发育进展，将每一条孵化（蜕皮、化蛹、羽化）的黑肾卷裙夜蛾单独放入培养皿中，并记录好孵化（蜕皮、化蛹、羽化）时间及各个状态下的虫量。为保证黑肾卷裙夜蛾的正常发育，将结茧之后的前蛹期（幼虫结茧但没有化蛹的时期）也视为蛹期。羽化后的成虫按照 1.1 的方法饲养，直至死亡。本实验重复 6 次。

1.4 黑肾卷裙夜蛾各幼虫体长和头壳变化研究

将新产卵 50 粒放入塑料盒中，分成 5 组，每组 10 粒，每天 9:00 和 17:00 观察黑肾卷裙夜蛾的发育进展，将每一条孵化（蜕皮、化蛹、羽化）的黑肾卷裙夜蛾单独放入培养皿中，记录每次观察的数据，各龄幼虫分为刚蜕皮、中期和脱皮前 3 个时期，分别代表刚脱皮幼虫、发育中间幼虫和即将脱皮幼虫。为了保证黑肾卷裙夜蛾正常发育，本研究没有将幼虫进行麻醉，利用游标卡尺测量体长，用显微镜和 OPTPro 软件拍摄照片和记录幼虫头壳宽度数据。本实验共重复 2 次。

1.5 数据分析

利用 Excel 对原始数据进行分析、作图和显著性分析。根据 Grosby 生长法则计算 Brooks 指数和 Grosby 指数（魏书军，2006；2008；董易之等，2011），对各指标测量数据与相应龄数进行回归分析比较各指标分龄的合理性（Loerch and Camerom，1983）。

2 结果与分析

2.1 黑肾卷裙夜蛾的形态学特征

2.1.1 卵 黑肾卷裙夜蛾卵较小，呈半球形，直径 0.7~1.0 mm，但其卵圆直径绝大多数大于卵高，故也呈馒头形，底部与寄主叶片接触，故底部较平。卵壳为透明乳白色，随着幼虫在卵壳内的生长而渐渐变黄（图 1：1），其时间为 1~4 d，

在第 3~6 天以后出现幼虫身体的轮廓，并且颜色分明，一半乳白色，一半淡黄色(图 1：2)。直至第 6~8 天出现黄色斑点（图 1：3），然后幼虫孵化（图 1：4）。卵的顶端中央有卵孔，是受精卵的孔道。卵壳外表有纵棱，每颗卵约有 38~40 个纵棱，并均匀分布。纵棱有长短之分，可分为长纵棱和短纵棱。未成功孵化的卵一般会变黑。该虫在每片叶片上产 1~2 个卵，大多分布在叶片的背面，也有极少的情况下成虫将卵产在叶子的正面。

2.1.2　幼虫　黑肾卷裙夜蛾幼虫分为 6 龄，各龄幼虫的具体特征如下：

1 龄幼虫：黄绿色（图 1：5），腹部第 5，6，7 和 10 节各有 1 对腹足；前、中、后胸部与第 9 节气门线位置各有一块黑色斑点；体表各节有多个黑色毛点，为原生刚毛毛孔，毛点为黑色隆起，毛孔不明显，其中前胸 14 个，中胸、后胸 12 个（图 1：6），腹部 1~3 节 10 个，腹部 4~9 节 8 个（图 1：7），腹部第 10 节 8 个（图 1：8）。体表各毛点的具体分布如下: 前胸、中胸、后胸毛点呈环形均匀分布，腹部 1~3 节在亚背线位置有 3 个毛点，在气门线位置有 1 个毛点，在亚腹线位置有一个毛点。腹部 4~9 节只在亚背线位置有 3 个毛点和气门线位置有 1 个毛点，在亚腹部位置的毛点还没有发育成熟，为褐色小斑。腹部第 10 节臀板上有 3 个毛点，肛上片有 1 个毛点，腹部第 10 节臀板上有 3 个毛点，肛上片有 1 个毛点。趾钩为单序缺环趾钩

2 龄幼虫：黄绿色，虽然幼虫各节仍然有许多毛点，但是由于体色更趋近绿色，毛点不再清晰，额部有 6 对单眼(图 1：9)，侧单眼呈“ C ”字形。

3 龄幼虫：淡绿色，体表出现白色纵纹，为间断形条纹（图 1：11），共 8 条纵纹，分布于背线、亚背线、气门上线、气门线位置，呈白色(图 1：11)；黑色毛点已经基本褪去变为白色斑点（图 1：12），刚毛分布没有变化。

4 龄幼虫：淡绿色，体表白色纵纹更加明显，体表略显白色（图 1：13），刚毛分布没有变化（图 1：14-16）。

5 龄幼虫：淡绿色，体色更加黯淡，体表白色纵纹因体色黯淡略显淡黄色，基本已经成型，刚毛分布没有变化(图 1：17-18)。

6 龄幼虫：白绿色（图 1：19），头壳每侧有 3 根刚毛，2 根平行分布在头壳前额，为淡黄色；1 根分布在头壳顶部，为黑色（图 1：20）。上唇上有 4 根毛，下唇 2 根，均为淡黄色（图 1：21-22），触角约 0.5 mm（图 1：23），共有 3 节，第 1 节

最粗，第 3 节次之，第 2 节最细，其中第 1 节是第 2 节的约 1.3~1.4 倍，第 3 节最长。胸部环形有刚毛（图 1：10），但黑色毛点已完全消失。胸部每节气门上线位置有 1 个黑色斑点，腹部第 9 节气门上线位置有 1 个黑色斑点。胸部亚背线位置有整齐毛序刚毛，前胸部 2 根，中胸部 1 根，后胸部 1 根，呈黑色；胸部每节气门线位置有 1 根刚毛，呈淡黄色。前胸部有环形刚毛，中胸部、后胸部环形刚毛蜕化。腹部 1~9 节在亚背线位置有 3 个刚毛，在气门线位置有 1 个刚毛，呈黑色；在亚腹线位置有一个刚毛呈淡黄色。腹部第 10 节臀板上有 3 个刚毛，肛上片有 1 个刚毛，均呈黑色；气门线位置纵纹由白色变为淡黄色（图 1：24）。

2.1.3　茧和蛹　黑肾卷裙夜蛾雄蛹体长（12.54±1.17）mm，体宽（3.62±1.03）mm，雌蛹体长（10.96±0.87）mm，体宽（3.16±0.55）mm（图 1：25），初期背面褐色，腹面绿色（图 1：26），末期整体黑褐色（图 1：27）。茧薄。初化蛹时呈淡绿色，将羽化时全体变黑褐色，体外有疏松白色丝茧被蛹，蛹外有薄茧，初期栗红色，后逐渐变成栗褐色和黑褐色；末端有臀棘 3~5 枚（图 1：28）。

2.1.4　成虫　黑肾卷裙夜蛾成虫雌雄二型，雄虫体长（12.98±1.09）mm，翅展（29.93±1.96）mm（图 1：29，30）；触角丝状，头部与胸部褐黄色，有褐色斑点，头顶与颈板为暗褐黄色，头部与胸部均有金色毛簇，下唇须为黄白色，末端接近褐黄色，足跗节暗褐灰色；前翅褐色，外缘部分为淡暗黄色，有褐色斑点，前翅前缘部分有两条暗红色横纹，两横纹之间有一黑点，肾纹大，黑色，中间有灰纹，外线为一条模糊波纹黑褐色

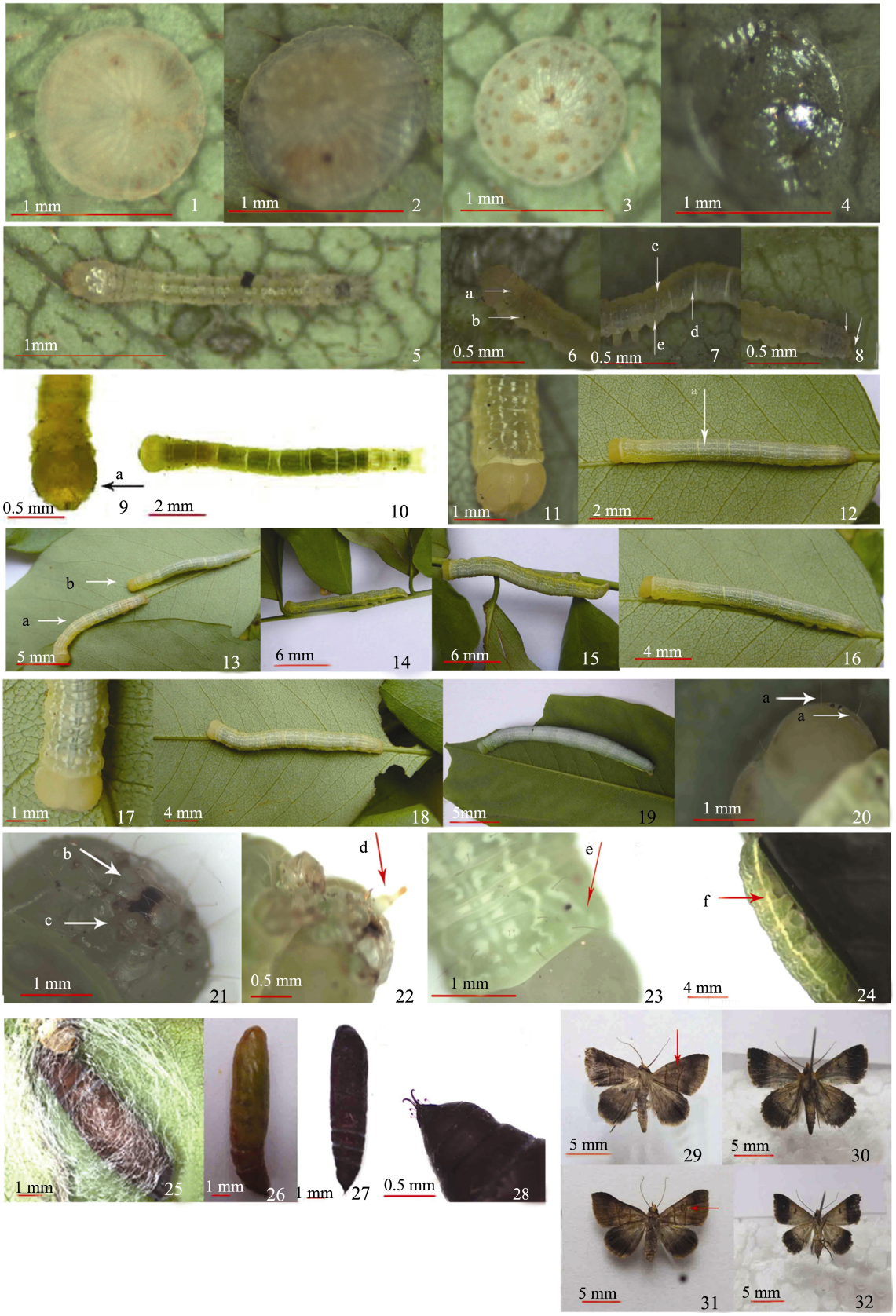

图 1 黑肾卷裙夜蛾形态图

Fig. 1 Morphology of *Plecoptera oculata*

1：产后 2 d 卵；2：产后 4 d 卵；3：产后 7 d 卵；4：孵化完成的卵；5：1 龄幼虫背面观（头部向左）；6：1 龄幼虫头胸部侧面观，a：胸部呈环形的毛点，b：中胸部黑色斑点；7：1 龄幼虫腹侧面观，c：亚背线 3 毛点位置，d：气门线 1 毛点位置，e：亚腹线 1 毛点位置； 8：1 龄幼虫尾部背面观，f：臀板上 3 个毛点位置，g：臀上片上 1 个毛点；9：2 龄幼虫头胸部背面观，a：额部的“C”形单眼；10：2 龄幼虫背面观；11：3 龄幼虫头胸部侧面观；12：3 龄幼虫背面观，a：黑色毛点褪去的白色斑点；13：3 龄幼虫和 4 龄幼虫对比图，a：指 3 龄幼虫，b：指 4 龄幼虫；14~16：4 龄幼虫背面观（头部向左）；17：5 龄幼虫头胸部背面图；18：5 龄幼虫背面观（头部向左）；19：6 龄幼虫背面观；20：6 龄幼虫头部背面观，a：淡黄色刚毛；21：口器图，b：上唇，c：下唇；22 触角图，d:触角；23：头胸部背面观，e：环形刚毛；24：尾部侧面观，f：淡黄色气门线；25：蛹背面观，头向左上；26，27：蛹侧面观，头向上；28：臀棘背面观，头部向右下；29：成虫雄虫背面观，a：为黑色大肾纹；30：成虫雄虫腹面观；31：雌虫背面观，b：黑色大肾纹；32：雌虫腹面观。

1: 2 d-old eggs; 2: 4 d-old eggs; 3: 7d-old eggs; 4: Hatched eggs; 5:Dorsal view of the 1st instar larvae ; 6: Lateral view of head and notum, the arrow ‘a’ indicates the ring of trichobotherias on the notum, the arrow ‘b’ indicates a black spot on the mesothorax ; 7:Ventral-lateral view, the arrow ‘c’ indicates three trichobotherias on the topline, the arrow ‘d’ indicates a trichobotheria on the spiracular line, the arrow ‘e’ indicates a trichobotheria on the subventral line ; 8: Dorsal view of tail, the arrow ‘f’ indicates three trichbotherias on the hip board, the arrow ‘g’ indicates a trichbotheria on the epiproct; 9:Dorsal view of head and notum of the 2nd instar larvae, the arrow ‘a’ indicates ‘C’ shaped ocelli on the forehead ; 10:Dorsal view of the 2nd instar larvae;11:Lateral view of head and notum of the 3th instar larvae; 12:Dorsal viewof the 3th instar larvae, the arrow‘a’indicates the black trichbotheria turn to white; 13:The 3rd instar and the 4th instar, the arrow ‘a’ indicates the 3rd instar, the arrow ‘b’ indicates the 4th instar ; 14-16:Dorsal view, the 4th instar larvae of P; oculata (the head towards left); 17：Dorsal view of head and notum of the 5th instar larvae; 18：Dorsal view (the head towards left);19: Dorsal view of the 6th instar larvae; 20:Dorsal view of head, the arrow ‘a’ indicates the pale yellow trichbotheria; 21: Mouthparts of P; oculata, the arrow ‘b’ indicates the labrum, the arrow ‘c’indicates the labium; 22: The tentacles, the arrow ‘d’ indicates the tentacle; 23 Dorsal view of head and notum, the arrow ‘e’ indicates the annular bristles; 24: Lateral view of tail: the arrow ‘f’ indicates pale yellow valve line;25: Dorsal view of pupa :the head upper left; 26, 27: Lateral view of pupa: the head up; 28: Dorsal view of hip spines, the head lower right;29: Dorsal view of male, :the arrow ‘a’ indicates the big black kidney shape grain；30: Segmental venter view of male；31: Dorsal view of female, the arrow ‘b’ indicates the big black kidney shape grain；32: Segmental venter view of female.

曲带。后翅淡黄色带有褐色黑点，端区带暗褐色；腹部为淡黄色，末端较尖抱握器清晰可见。雌虫体长（10.48±0.89）mm，翅展（27.82±2.46）mm（图 1：31，32）；触角线状头部与胸部和雄虫相似，但没有金色毛簇，下唇须较雄虫短，色彩相近。前翅为淡黄色，外部分为褐色，没有斑点，前翅前缘部分由两条褐色点状横纹，两横纹间有灰色肾纹，较之雄虫略小，但更明显。后翅浅黄色无斑点，端区褐色，腹部为淡黄色，圆筒形。

2.2　黑肾卷裙夜蛾生长发育

在实验室条件下，黑肾卷裙夜蛾完成一个世代需要（41.64±1.59）d。卵、幼虫、蛹等各虫态的发育历期存在显著性差异（表 1）（$P<0.001$）。雌雄成虫寿命分别为（6.5d±1.3）d 和（7.1±1.8）d。各龄幼虫发育历期也存在差异（$P<0.05$）（表 2），6 龄幼虫发育历期显著大于其他各龄幼虫，5 龄幼虫发育历程显著大于 1~4 幼虫，而 4 龄幼虫发育历程大于 1~3 龄幼虫，在 1~3 龄幼虫中，1 龄幼虫发育历程略长一些。

在整个发育过程中，黑肾卷裙夜蛾的存活率为 61.37%±0.80%，各虫态存活率有显著性差异（$P<0.01$）（表 1），各龄幼虫在 1~2 龄时期存活率最高，其次是 3 龄幼虫，4~6 龄幼虫存活率处在最低阶段，且没有显著性差异（$P>0.05$）(表 2)。

2.3　黑肾卷裙夜蛾幼虫头宽和体长生长规律

刚孵化的 1 龄幼虫头壳宽度为（0.29±0.03）mm，刚孵化体长为（1.63±0.06）mm，中期体长为（3.53±0.30）mm，蜕皮前为（3.32±0.31）mm。中期体长是刚孵化体长的 2.17 倍；2 龄幼虫头壳宽度为（0.56±0.10）mm，刚蜕皮体长为（6.42±0.69）mm，中期体长为（8.28±0.58）mm，蜕皮前体长缩短为（7.56±0.53）mm。中期体长是刚蜕皮的体长的 1.29 倍；3 龄幼虫头壳宽度为

表 1 黑肾卷裙夜蛾各虫态的发育历程和存活率
Table 1 The developmental duration and survival rate of *Plecoptera oculata*

虫态 Developmental stage	发育历期（d） Developmental duration	存活率（%） Survival rate
卵 Eggs	7.53±0.40	86.67±1.34
幼虫 Larva	18.42±0.41	61.30±1.21
蛹 Pupa	8.67±0.58	75.55±1.14
成虫 Adult	7.02±0.78	74.44±1.12
合计	41.64±1.59	61.37±0.80

同列数据为平均值±标准误差；表 2 同。
The data in the same column are mean±SE. The same for Table 2.

表 2 黑肾卷裙夜蛾幼虫各龄的发育历程和存活率
Table 2 The developmental duration and survival rate of *Plecoptera oculata* larvae at different instars

幼虫龄期 Larval instars	发育历期（d） Developmental duration	存活率（%） Survival rate
1 龄 1st instar	2.18±0.30	91.23±1.31
2 龄 2nd instar	1.80±0.24	92.31±0.76
3 龄 3rd instar	1.88±0.32	90.67±0.83
4 龄 4th instar	3.13±0.71	89.44±0.53
5 龄 5th instar	4.19±0.45	90.02±1.12
6 龄 6th instar	5.23±0.58	88.47±0.65

（1.00±0.15）mm，刚蜕皮体长为（9.93±0.66）mm，中期体长为（13.35±0.76）mm，蜕皮前体长为（12.68±0.80）mm，中期体长是刚蜕皮的体长的 1.34 倍；4 龄幼虫头壳宽度为（1.52±0.23）mm，蜕皮后体长为（14.07±0.77）mm，中期体长为（16.47±0.62）mm，蜕皮前体长为（15.61±0.65）mm，中期体长是蜕皮后体长的 1.17 倍；5 龄幼虫头壳宽度为（1.98±0.22）mm，蜕皮后体长为（18.26±0.88）mm，中期体长为（22.64±0.70）mm，蜕皮前体长为（21.11±0.71）mm，中期体长是蜕皮后体长的 1.24 倍；6 龄幼虫头壳宽度为（2.32±0.24）mm，蜕皮后体长为（23.97±0.70）mm，中期体长为（26.22±0.44）mm，中期体长是蜕皮后的 1.09 倍；在整个幼虫生长过程中 （图 2），6 龄中期比 1 龄刚孵化时体长增加了 16.09 倍。1~5 龄中期的体长明显大于蜕皮前体长，再显著长于刚蜕皮时体长，除去 1 龄幼虫，其余各龄幼虫刚蜕皮幼虫的体长和前一龄中期幼虫之间没有显著性差异。6 龄幼虫头壳宽度为 1 龄幼虫头壳宽度的 8.01 倍，在整个幼虫生长过程中（图 3），除了 1 龄幼虫，各龄幼虫头壳显著大于前一龄头壳宽度。

通过头壳宽度和体长数据计算得到 Brooks 指数和 Crosby 指数（表 3），通过应用 Brooks 指数（Crosby 指数和线性回归的方法验证分龄的合理性，得到 Crosby 指数小于 10%，证明幼虫分 6 龄合理的。

2.4 生活习性

通过室内观察和在广东省肇庆市地区进行野外观察表明，黑肾卷裙夜蛾在广州省肇庆市高要区一年可以发生 7~8 代，且具有世代重叠现象，各虫态发生期不整齐。总体来说，黑肾卷裙

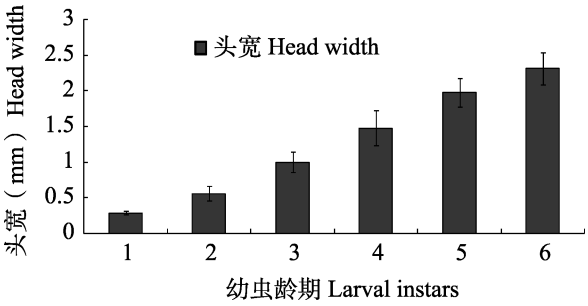

图 2 幼虫发育过程中的头宽变化
Fig. 2 Head width in the larval development of *Plecoptera oculata*

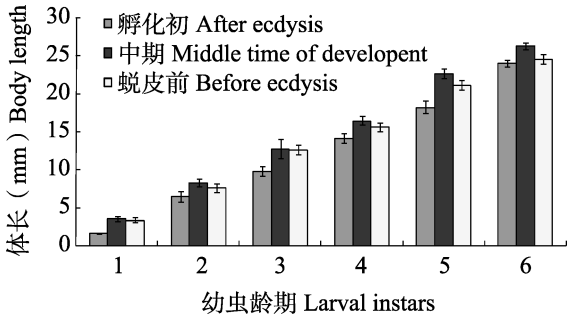

图 3 幼虫发育过程中的体长变化
Fig. 3 Body length in the larval development of *Plecoptera oculata*

表 3　黑肾卷裙夜蛾各龄幼虫头壳宽度及其统计参数
Table 3　Head capsule width and its statistical parameter of *Plecoptera oculata* instars

龄数 Larval instar	均值 Mean/mm	Brook's 指数 Brook's ratio	Crosby's 指数 Crosby's ratio
1	0.29±0.03	—	—
2	0.56±0.10	1.93	—
3	1.00±0.15	1.79	- 0.073
4	1.52±0.23	1.52	- 0.151
5	1.98±0.22	1.30	- 0.145
6	2.32±0.24	1.17	- 0.100

夜蛾以第 8 代（越冬代）历时最长，从当年 11 月上旬到翌年 2 月下旬，共经历约 120 d，其中以蛹在地表枯枝落叶内越冬至翌年 2 月羽化成虫，并迅速产生后代。黑肾卷裙夜蛾生活史见表 4。

卵期：幼虫孵化全天均可发生，以下午傍晚居多，下午 4:00—8:00 占有全天的 40%左右。孵化时，初孵化幼虫先在卵壳咬一个孔并蚕食一部分，然后从卵壳中爬出来，此阶段通常耗时 3~7 min。卵期为（7.53±0.40）d，卵化率为 86.67%±1.34%。

幼虫期：因为成虫产卵几乎散产，初孵化幼虫不密集，1 龄幼虫只取食叶片叶肉部分，而 2 龄及 2 龄以后幼虫就完全可以吃光整片叶片，当叶片所剩无几之后幼虫也会取食树皮部分，灾情严重时可以造成空树空枝等现象。在灾情不明显之前，可以通过虫粪判断虫害，以及虫害数量。幼虫取食、排泄、发育都在叶片背部，其中幼虫发育后常将虫蜕吃掉，但不取食头壳（幼虫发育情况见 2.2）。

蛹期：幼虫老熟后，从树上落下，钻入土中化蛹，入土 3~5 cm，预蛹背部会变粉红，化蛹后变成红褐色。蛹期为（8.68±0.58）d，羽化率为 75.56%±1.20%。

成虫:成虫羽化时，腹部摆动，依靠头部顶裂蛹壳，随后破壳而出。半露于地面，停留 20~30 min，折叠的翅逐渐展开。4~5 min 后，待展翅完成，成虫将前后翅直立并在一起，静止 5~6 min，直到翅完全晾干才放下，成虫羽化期一般持续 6~7 d，在第 2 天出现高峰初期，在第 4 天出现大高峰，性比约为 1∶1.08，成虫羽化一般在上午 09:00—12∶00，下午 02:00—04:00，雌虫多早于雄虫出现，高峰期雄虫大量羽化（图 4）。

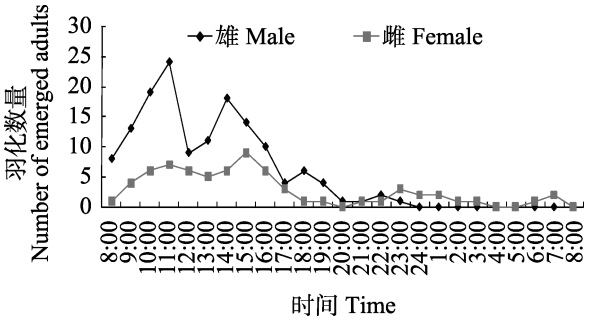

图 4　黑肾卷裙夜蛾时羽化规律
Fig. 4　Merged on an hour basis of *Plecoptera oculata* adults

成虫有很强的趋光性，但白天活动不大，伏在降香黄檀树叶片或茎，晚上活动频繁，召唤、交尾等行为均发生在夜间。

成虫在羽化后 2~3 日交尾，以 3 日龄雌虫交尾 2 龄雄虫最为常见，交配发生在 22:00—04:00，高峰在 02:00—04:00。雌虫腹部末端上翘，伸出性信息素腺体，分泌性信息素引导雄虫交配，雄虫如果感受到激素的刺激，则会飞来交配。如果雌虫未能交尾，召唤行为持续 30~90 min。黑肾卷裙夜蛾易受到外界影响，对光源的反应很强烈，外界影响会对其召唤行为造成干扰。交尾时，雌雄虫腹部相连，虫体呈“一”字形，交尾时间持续（88±16）min（交尾最长时间可达 120 min）交尾结束，雌雄虫分开。成虫交尾结束 5~12 h 后产卵，通常雌虫将卵散产在叶片背面，在同一分支上产卵 3~4 枚，未见到堆产的卵。

3　结论与讨论

黑肾卷裙夜蛾是我国南方珍贵树种降香黄檀的重要害虫，但以往缺乏系统研究。正确鉴定昆虫种类是进行害虫防治的前提和基础，因此本文描述了黑肾卷裙夜蛾各虫态以及幼虫各龄的

形态特征，尤其重点描述了各虫期稳定的特异性特征。黑肾卷裙夜蛾成虫鉴定特征是：触角丝状，头部与胸部褐黄色，前翅褐色，前缘部分有两条暗红色横纹，两横纹之间有一黑点，肾纹大，黑色，中间有灰纹（图 9）。各龄幼虫的鉴别特征如下：1 龄幼虫为黄绿色，体表各节有多个黑色毛点，头壳宽度为（0.29±0.03）mm；2 龄幼虫体色更趋近绿色，毛点不再清晰，头壳宽度为（0.56±0.10）mm；3 龄幼虫为淡绿色，体表出现 8 条白色纵纹，分布于背线、亚背线、气门上线位置，头壳宽度为（1.00±0.15）mm；4 龄幼虫为淡绿色，体表白色纵纹更加明显，体表略显白色，已经完全没有毛点痕迹，头壳宽度为（1.52±0.23）mm；5 龄幼虫为淡绿色，体表纵纹略显淡黄色，头壳宽度为（1.98±0.22）mm；6 龄幼虫为白绿色，有白色纵纹，头壳宽度为（2.32±0.24）mm。

在培养温度为（25±1）℃，相对湿度 75%±5%，光周期：14L：10D 条件下，黑肾卷裙夜蛾世代历期为（41.64±1.59）d，其中卵历期为（7.53±0.40）d，幼虫历期为（18.42±0.41）d，蛹历期为（8.68±0.58）d，成虫寿命为（7.02±0.78）d。黑肾卷裙夜蛾世代存活率为 61.37%±0.80%，在幼虫期，各龄期成活率为：1 龄 91.23%±1.31%、2 龄 92.31%±0.76%、3 龄 90.67%±0.83%、4 龄 89.44%±0.53%、5 龄 90.02±1.12%、6 龄 88.47%±0.65%。一般而言，高龄幼虫抵抗能力，存活率会高于低龄幼虫，本文有差别可能是与幼虫饲养条件有关：本次饲养塑料饭盒分批饲养，由于塑料饭盒的密封性，可能导致湿度增大，当幼虫虫龄较低的时候，高湿度有利于生长，而随着虫龄的增加，过湿的环境可以增加高龄昆虫的死亡率（Hussain *et al.*，1983）。

本实验对黑肾卷裙夜蛾的头壳宽度和体长进行了测量，发现幼虫发育过程中，体长共增长了 16.09 倍，头壳宽度增加了 8.01 倍，虽然高龄幼虫体长增加的绝对值大于低龄幼虫，但是高龄幼虫体长的增长速率却低于低龄幼虫。各龄发育中期幼虫的体长显著大于刚蜕皮和蜕皮前幼虫，这主要是由于蜕皮之后幼虫迅速增长，在体内积累大量物质，中期后，准备下一次蜕皮成了此时幼虫的主要任务，体内储存的部分物质将会转化为幼虫蜕皮需要的物质，例如形成新表皮的能量用于保证幼虫的正常蜕皮。各龄蜕皮前幼虫的体长大于刚蜕皮幼虫，说明幼虫在发育前期积累的物质远远超过了幼虫蜕皮等生理活动的需要（冯波等，2013）。

本文对黑肾卷裙夜蛾的生活习性进行了初步观察，对其卵期的孵化特点、孵化流程以及卵期和存活率都做了介绍；幼虫期对其幼虫危害进行描述与分析，对其取食叶片特点做出描述；蛹期的结茧流程、羽化率等；成虫期的羽化情况、雌雄性比、高峰时羽化、交尾、产卵等情况进行了简要总结，为切实可行的防控黑肾卷裙夜蛾提供理论依据。

参考文献 (References)

Chen BX, Dong YZ, Chen LS, Lu H, Cheng JN, Wang AY, Wang M, 2010. Identification and biological characteristics of *Thalassodes immissaria*, an emerald moth infesting litchi. *Journal of Fruit Science*, 27(2): 261–264. [陈炳旭, 董易之, 陈刘生, 陆恒, 成家宁, 王安勇, 王敏, 2010. 荔枝粗胫翠尺蛾的鉴定及生物学特性研究. 果树学报, 27(2): 261–264.]

Chen YX, 1999. China Fauna of Insects. Beijing:Science Press. 22–45. [陈一心, 1999. 中国动物志昆虫纲. 北京: 科学出版社. 22–45].

Dong YZ, Chen BX, Xu S, Li PY, 2011. Division of larval instars of the litchi giant looper, Ascotis selenaria (Lepidoptera: Geometridae). *Journal of Environmental Entomology*, 33(4)：552–556. [董易之, 陈炳旭，徐淑, 李鹏燕, 2011. 荔枝大造桥虫幼虫龄数的划分. 环境昆虫学报, 33(4)：552–556.]

Feng B, Hu WX, Pan H,Du YJ, 2013. Morphology, life history and circadian rhythm of the fruit- piercing moth,*Oraesia emarginata* (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(12): 1440–1451. [冯波, 胡武新, 潘华, 杜永均, 2013. 壶嘴夜蛾的形态学、生活史及昼夜节律. 昆虫学报, 56(12): 1440–1451.]

Hussain M, Khan SA, Naeem M, Mohsin AU, 2011. Effect of relative humidity on factors of seed cocoon production in some inbred silk worm (*Borrubyx mori*) lines. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13: 57–60.

Loerch CR, Camerom EA, 1983. Determination of larval instars of the bronze birch borer, *Agrilus anxius* (Coleoptera: Buprestidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 76(34): 948–952.

Meng H, Xie CX, Yang Y, Wei JH, Feng JD, Chen SL, 2010. Suitable producing areas of *Dalbergia odorifera* T. Chen. *Li Shi-zhen Medicine and Matera Medica Resarch*, 21(9): 2304–2306.[孟慧，谢彩香，杨云，魏建和，冯锦东，陈士林, 2010. 降香黄檀产地适宜性分析. 时珍国医国药, 21(9): 2304–2306.]

Ni Z, Wang LH, Wu GX, Liu YH, Qin WM, Deng RY, Fan JS, 2008. A review of studies on the introduction and cultivation technology of *Dalbergia odorifera*. *J. Fujian Forestry Sci. Tech.*, 35(2) : 265–268. [倪臻，王凌晖，吴国欣，刘运华，秦武明，邓荣艳，范进顺, 2008. 降香黄檀引种栽培技术研究概述. 福建林业科技, 35(2) : 265–268.]

Ogihara H, Kubota S, Mori S, 1995. Effects of temperature and photoperiodism and development of a fruit-sucking moth, *Oraesia emarginata* Fabricius (Lepidoptera, Noctuidae). *Japanese Journal of Entomology* , 63(18): 451–457.

Wei SJ, Xu FL, Hua FL, Lu JD, Zhang CG, Chen XX, 2008. A camphor insect pest-bionomics of *Orthaga olivacea*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(4): 562–565. [魏书军，许发良，滑福林，鲁建栋，张晨光，陈学新，2008. 香樟害虫—橄绿瘤丛螟的生物学特性. 昆虫知识, 45(4): 562–565.]

Wei SJ, Zhang HH, Huangpu WG, Shi ZH, Chen XX, 2006. Division of larval instars of the citrus borer, *Agrilus uriventris* Saunders (Coleoptera: Buprestidae). *Acta Entomologica Sinica*, 49(2): 302–309. [魏书军, 郑宏海，皇甫伟国，施祖华，陈学新, 2006. 柑桔爆皮虫幼虫龄期的划分. 昆虫学报, 49(2) : 302–309.]

Zhun HF, 1983. Moth Map of China. Beijing:BeiJing: Science Press. 339–432. [朱弘复, 1983. 中国蛾类图鉴. 北京 : 科学出版社. 339–432.]