产虫茶昆虫双直巢螟生物学特性研究*

陈 燕[1, 2**] 张栩浩[1, 2] 李后魂[3] 陈家献[1, 2]
戚慕杰[3] 彭靖茹[1, 2] 温立香[1, 2***]

（1. 广西壮族自治区亚热带作物研究所，南宁 530001；
2. 农业农村部亚热带果品蔬菜质量安全控制重点实验室，南宁 530001；3. 南开大学，天津 300071）

摘 要 **【目的】** 明确产虫茶昆虫双直巢螟 *Hypsopygia repetita* 各虫态的形态特征、发育历期和幼虫龄期的划分等，为其大量人工饲养提供参考依据。**【方法】** 以南酸枣 *Choerospondias axillaris* 室温条件下饲养的双直巢螟为研究对象，采用体式显微镜拍摄各虫态形态特征并记录发育历期，采用游标卡尺测量幼虫的头壳宽度，并对所测得的数据进行 Crosby 指数、Brooks 指数、频次分布和回归分析。**【结果】** 双直巢螟有卵、幼虫、蛹和成虫 4 个虫态。初产的卵为乳白色，不规则形状的球体，随后逐渐透明，孵化前变浅黄色，形状变为椭球形。幼虫有 5 龄，随着龄期的增长，虫体颜色逐渐变深，由 1 龄的乳白色到 5 龄的黑褐色，体长和体重逐渐增加。头壳宽度符合 Dyar 法则和 Crosby 法则，头壳宽度与龄数符合指数拟合模型，R^2 为 0.992 9。初化的蛹颜色为淡黄色，接近羽化时呈红褐色，雌、雄成虫前后翅均为淡褐色，缘毛淡红褐色，基部混有黑褐色，前翅中室端斑黑褐色。在 26 ℃条件下，完成一个世代约需要（51.4±0.1）d。**【结论】** 双直巢螟为新发现的一种产虫茶昆虫，幼虫有 5 个龄期，头壳宽度可作为双直巢螟幼虫龄期划分的重要指标。

关键词 双直巢螟；幼虫龄期；头壳宽度；形态特征；发育历期

Biological characteristics of *Hypsopygia repetita*, an insect used for producing insect tea

CHEN Yan[1, 2**] ZHANG Xu-Hao[1, 2] LI Hou-Hun[3] CHEN Jia-Xian[1, 2]
QI Mu-Jie[3] PENG Jing-Ru[1, 2] WEN Li-Xiang[1, 2***]

(1. Guangxi Subtropical Crops Research Institute, Nanning 530001, China; 2. Key Laboratory of Quality and Safety Control for Subtropical Fruit and Vegetable, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanning 530001, China; 3. Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract **[Aim]** To describe the larval instars, morphological characteristics and developmental duration of the tea-producing insect *Hypsopygia repetita*, and thereby provide a useful reference for the large-scale artificial breeding of this species. **[Methods]** *H. repetita* were reared at room temperature on *Choerospondias axillaris*. The morphological characteristics and developmental duration of each developmental stage were photographed using a stereo microscope and recorded. The head capsule width of the larvae was measured using vernier calipers. The collected data were then used to calculate the Crosby index, Brooks index, frequency distribution, and to perform a regression analysis. **[Results]** There were four life stages: Egg, larva, pupa and adult. Newly laid eggs were milky white, irregularly shaped spheres that became gradually transparent. Before hatching, they became pale yellow and the shape became ellipsoidal. The larval stage can be divided into 5 instars. The color of

*资助项目 Supported projects：广西重点研发计划（桂科 AB24010126）；广西农业科学院基本科研业务专项（桂农科 2025YP121）；广西农业科学院基本科研业务专项资助项目（桂农科 2026YT008）；国家现代农业产业体系广西茶叶创新团队建设专项资金（nycytxgxcxtd-2024-18-07）

**第一作者 First author，E-mail：380508497@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：864655377@qq.com

收稿日期 Received：2025-04-09；接受日期 Accepted：2025-06-26

each successive instar gradually became darker, from the milky white of the 1st instar to the dark brown of the 5th instar, and body length and weight gradually increased. The width of the head capsule conformed to both Dyar 's and Crosby 's rule, and to an exponential growth model with a R^2 value of 0.992 9. The color of newly emerged pupae was pale yellow, but changed to reddish brown as pupae neared eclosion. The forewing and hindwings were light brown, the marginal hairs were light, reddish brown, the wing bases were mixed, black brown, and the middle chamber end of the forewing was black brown. It took about (51.4±0.1) d to complete a generation at 26 ℃. **[Conclusion]** *H. repetita* is a newly discovered tea-producing insect. The larval stage can be classified into 5 instars on the basis of head capsule width.

Key words *Hypsopygia repetita*; larval instars; head capsule width; morphological characteristics; developmental duration

虫茶是我国特有的一种具有独特品质特征及药用保健功能的“非茶之茶”，是由产虫茶昆虫取食茶叶、红薯藤、南酸枣 *Choerospondias axillaris*、钩藤 *Uncaria rhynchophylla*、大果山楂 *Malus doumeri*、豹皮樟 *Litsea coreana* var. sinensis、化香树 *Platycarya strobilacea* 等特殊植物叶片后排泄的粪便经过一系列加工工艺制作而成的茶产品，被称为茶界的“猫屎咖啡”（刘健锋等，2015）。由于其含有茶多酚、氨基酸、多糖等多种活性成分，因此兼具茶叶的保健作用及中草药的药用功能，有降血糖、降血压、降血脂、抑菌、抗炎、抗肿瘤等作用，而且香气浓郁，滋味清爽，深受人们的喜爱，已成为我国一种出口特种茶。

虫茶主产于湖南、贵州、广西等少数民族聚集地区，不同地区的产虫茶昆虫也不一致，如湖南贵州等地主要是米缟螟 *Aglossa dimidiata*，广西龙胜、三江地区以化香夜蛾 *Hydrillodes morosa* 为主，融安地区在之前的报道中以米缟螟为主，此外还有弓须亥夜蛾 *Hydrillodes repugnalis*（冯世鑫等，2020）。一种在融安地区新发现的螟蛾科 Pyralidae 巢螟属 *Hypsopygia* 的产虫茶昆虫双直巢螟 *Hypsopygia repetita*，主要取食南酸枣叶、茶叶、钩藤叶，目前主要在广西融安地区发现，其虫茶具有较强的抗氧化能力，抗氧化物质主要有多酚和可溶性糖，除了抗氧化作用外，该虫茶还含有 9 种药用氨基酸，必需氨基酸指数大于 1，可作为保健性饮料进行开发，通过急性经口毒性试验、细菌回复突变试验、哺乳动物红细胞微核试验、小鼠精原细胞染色体畸变试验等毒理学安全性评价发现，该虫茶没有致突变、致畸变作用，无遗传毒性（温立香等，2022a，2022b；袁冬寅等，2024）。双直巢螟作为产虫茶昆虫以及相关的生物学特性等都尚未见报道，本文从其各虫态形态特征、幼虫头壳宽度及幼虫各龄的发育历期等方面开展观察研究，旨在明确双直巢螟幼虫的龄期、各虫态形态特征和发育历期，为今后双直巢螟的室内规模化扩繁及开展进一步利用研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

采集广西壮族自治区柳州市融安县板榄镇东岭村茶农诱集并饲养的幼虫（F_0 代），带回室内，置于温度（26±1）℃、相对湿度 75%±5%、光周期 14 L∶10 D 条件下饲养，羽化后的成虫以 10%的蜂蜜水作为营养来源。

1.2 试验方法

1.2.1 双直巢螟各虫态形态观察 收集羽化的雌雄成虫放至相同规格的塑料盒（长 17.5 cm，宽 10.5 cm，高 7.5 cm）中，让其自然交配产卵，收集 100 粒卵用于观测和拍照。卵孵化后，将初孵幼虫分别放入小塑料盒（直径 7 cm，高 3.5 cm），并置于温度（26±1）℃，相对湿度 75%±5%的养虫室内用新鲜南酸枣叶饲养，每盒放入 1 头幼虫，共饲养 400 头。每天 9：00 和 17：00 观察双直巢螟发育情况，并记录蜕皮、化蛹、羽化时间，及时清除粪便及更换南酸枣叶。在整个饲养过程中获得双直巢螟各虫态的标本，并对其活体的基本形态特征进行观察记录，用体视显微镜（Motic SMZ-171）观察各虫态的形态特征，并

连接笔记本电脑，用 Motic Images Plus 3.0 (x86) 拍照软件进行拍照、测量。

1.2.2　双直巢螟幼虫龄期的划分和各龄期发育天数的观测　每天观察 1.2.1 节各盒子内幼虫蜕皮情况并收集脱下的头壳，记录脱壳次数以及每两次脱壳之间所经历的时间，每天清理粪便并及时更换南酸枣叶。

基于 Dyar 法则通过对双直巢螟幼虫的头壳宽度进行测量并进行频数分布分析，绘制幼虫头壳宽度的频数分布图来推测幼虫的分龄（彩万志等，2011），并通过 Brooks 指数、Crosby 指数和回归分析来验证分龄的合理性（杨美红等，2012），Crosby 指数大于 10%表示分龄指标不合理。具体计算方法如下：

Brooks 指数 $b_n=x_n/x_{n-1}$（x_n 和 x_{n-1} 分别表示第 n 龄和 n - 1 龄幼虫头壳宽度的平均值），

Crosby 指数 $C_n=(b_n - b_{n-1})/b_{n-1}$（$b_n$ 和 b_{n-1} 分别表示第 n 和 n - 1 个 Brooks 指数）。

1.2.3　双直巢螟各龄幼虫体长和体重、头壳变化研究　取 1.2.1 节中各龄幼虫 80 头进行体长和体重、头壳宽度的测量，幼虫的体长和头壳宽度采用 10 分度的游标卡尺和 Motic SMZ-171 体视显微镜，体重采用赛多利斯电子天平（精确至 0.1 mg）进行称量。初孵 1 龄幼虫由于体重较轻，无法单独称量，因此需要将 5-10 头 1 龄幼虫体重的平均值作为一个重复，其他龄期幼虫的单头体重作为一个重复，每个龄期各测 80 头幼虫。

1.2.4　寄主情况及生活史观测　在融安县板榄镇东岭村，调查鉴定茶农经常采集用于饲养虫子的原料，并到野外实地观察昆虫取食的植物种类，记录其偏好部位（叶片、枝干或花蕾）、栖息环境及行为特征，采集卵、幼虫、蛹、成虫等各阶段标本，观察发育情况，记录发育周期，在室内观测的基础上，在不同发育虫态的临界转换期前后，在野外开展调查，进行生活史跟踪。

1.3　数据分析

用 R 语言 4.2.3 绘制幼虫头壳宽度的频次分布图，用 Excel 2007 进行头壳宽度的回归分析及头壳宽度均值和各虫态发育历期均值的计算和作图。

2　结果与分析

2.1　双直巢螟各虫态形态特征

2.1.1　卵　卵单粒或以聚集的卵块产于叶片背面，单头雌虫的产卵数量不等，少则 3 粒，多的 173 粒。初产的卵为乳白色，不规则形状的球体，随后渐渐透明，孵化前变浅黄色，形状变为椭球形，表面具光泽，卵的长轴平均直径为（0.626±0.07）mm，短轴平均直径（0.462±0.05）mm（图 1：A，B）。

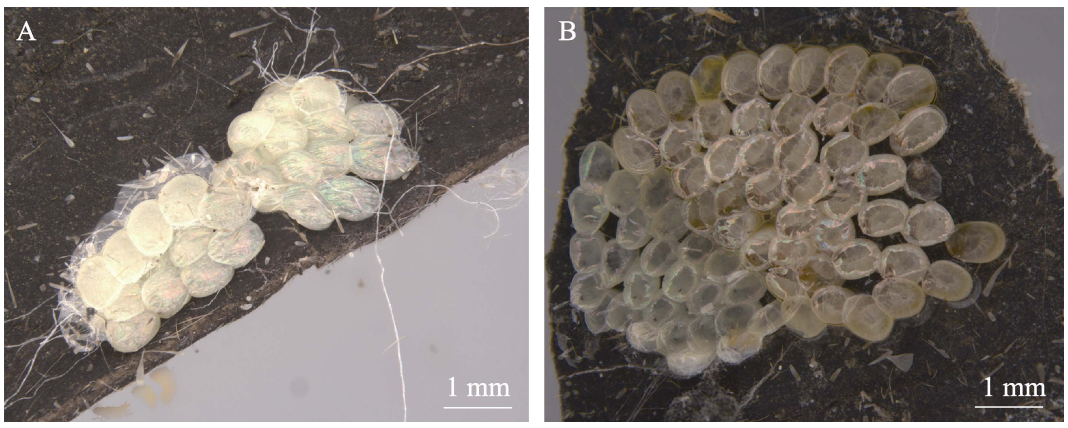


图 1　双直巢螟卵的形态特征

Fig. 1　Egg morphological characteristics of *Hypsopygia repetita*

A. 初产的卵；B. 即将孵化的卵。A. Primiparous eggs; B. Eggs about to hatch.

2.1.2 幼虫 根据测定的 400 头幼虫头壳的原始数据，将幼虫头壳宽度测定值整理成由小到大排列的频次分布表，绘制频次分布图（图 2），

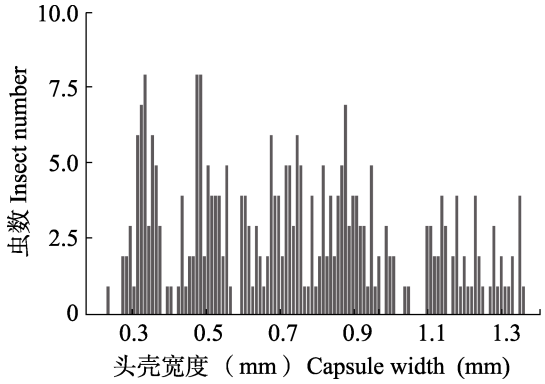


图 2 双直巢螟幼虫头壳宽度频次分布图

Fig. 2 Frequency distribution of cephalic width of *Hypsopygia repetita* larvae

由图 2 中可以看出双直巢螟幼虫头壳宽度可分为 5 个分布区，通过野外生活史观测发现幼虫龄期分为 5 龄，结合室内实验观测的结果，可确定双直巢螟幼虫有 5 龄，各虫态之间头壳宽度存在重叠。

将头壳宽度的测量结果、基本的统计分析参数、Brooks 指数和 Crosby 指数列于表 1，头壳宽度的 Crosby 指数均小于 10%，因此可以推断，将双直巢螟幼虫分为 5 龄是合理的。

将双直巢螟各龄幼虫头壳宽度与龄级进行回归分析，结果表明，二者呈指数关系（图 3），回归方程为 y=0.251 6e$^{0.323\ 6x}$，R^2=0.992 9，大于 $R_{0.01}$（0.874），说明幼虫头壳宽度与龄级的相关性极显著，可以根据头壳宽度来确定双直巢螟幼虫的龄期。

表 1 双直巢螟各龄幼虫头壳宽度及其统计参数

Table 1 Width of head shell and statistical parameters of each instar larvae of *Hypsopygia repetita*

龄期 Instar	样本数 Number of samples	变幅（mm） Class limits (mm)	均值（mm） Mean (mm)	变异系数 Coefficient of variation	Brooks 指数 Brooks index	Crosby 指数 Crosby index
1	80	0.211-0.396	0.332±0.038	0.114	—	—
2	80	0.412-0.573	0.499±0.040	0.079	1.380 1	—
3	80	0.594-0.795	0.688±0.058	0.083	1.351 9	- 0.020 4
4	80	0.806-1.104	0.959±0.082	0.084	1.394 0	0.031 1
5	80	1.017-1.496	1.219±0.116	0.094	1.270 9	- 0.088 3

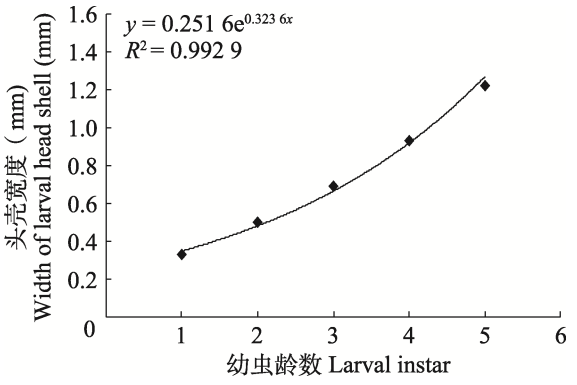


图 3 双直巢螟幼虫龄级数与头壳宽度的回归分析

Fig. 3 Regression of insect age with cephalic shell width of *Hypsopygia repetita*

随着幼虫生长发育，各龄期幼虫的形态颜色、体重及体长会发生变化。1 龄幼虫，虫体乳白色，幼虫体表刚毛发达，头壳呈浅黄色，平均每头体重（0.000 1±0.000 1）g，体长（1.734±0.493）mm（图 4：A）。2 龄幼虫虫体颜色开始变深，其中第 1、第 2 腹节颜色变浅褐色，头壳黄褐色，平均每头体重（0.001 4±0.000 3）g，体长（3.673±0.420）mm（图 4：B）。3 龄幼虫虫体颜色比 2 龄更深，整体为黄褐色，头壳黄褐色，平均每头体重（0.003 0±0.001 0）g，体长（5.807± 0.414）mm（图 4：C）。4 龄幼虫虫体深褐色，头壳深褐色，平均每头体重（0.011 3±0.002 3）g，体长（9.475±0.792）mm（图 4：D）。5 龄幼虫虫体颜色最深，为黑褐色，头壳深褐色，平均每头体重（0.024 4 ± 0.004 3）g，体长（11.773±1.379）mm（图 4：E）。幼虫各龄期头壳宽度见表 1，1-5 龄分别为（0.332±0.038）、（0.499±0.040）、（0.688± 0.058）、

（0.959±0.082）和（1.219±0.116）mm。

2.1.3　蛹　初化的蛹颜色为淡黄色，随着时间的增长，蛹体颜色渐渐变深，接近羽化时呈红褐色，复眼黑色，雌蛹第 9 腹节有一生殖孔，生殖孔两侧没有明显的凸起，第 9 腹节向第 8 腹节纵伸，生殖孔前缘与肛门前缘间的距离长于肛门的长度，雄蛹第 9 节腹节有一生殖孔，生殖孔两侧明显凸起，第 9 腹节未向第 8 腹节纵伸，两节间分节明显，生殖孔前缘与肛门前缘间的距离短于肛门的长度，雌蛹体型较宽大，腹部末端钝圆，雄蛹体型狭长，尾部尖细，雌蛹和雄蛹末端两侧各有 2 根臀棘钩刺（图 5：A，B）。雄蛹、雌蛹分别观测 50 头，雄蛹长（9.28±0.30）mm，雌蛹长（9.91± 0.30）mm。

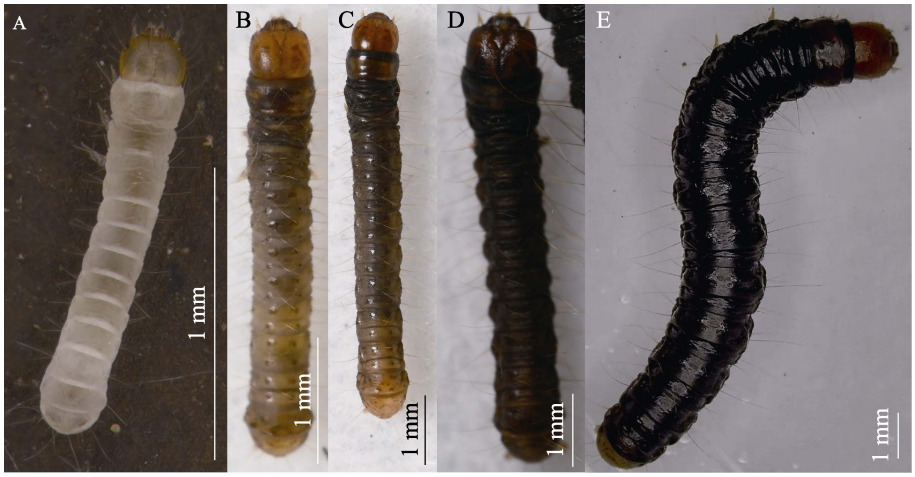


图 4　双直巢螟幼虫形态图

Fig. 4　Larva morphological characteristics of *Hypsopygia repetita*

A. 1 龄；B. 2 龄；C. 3 龄；D. 4 龄；E. 5 龄。

A. 1st instar larvae; B. 2nd instar larvae; C. 3rd instar larvae; D. 4th instar larvae; E. 5th instar larvae.

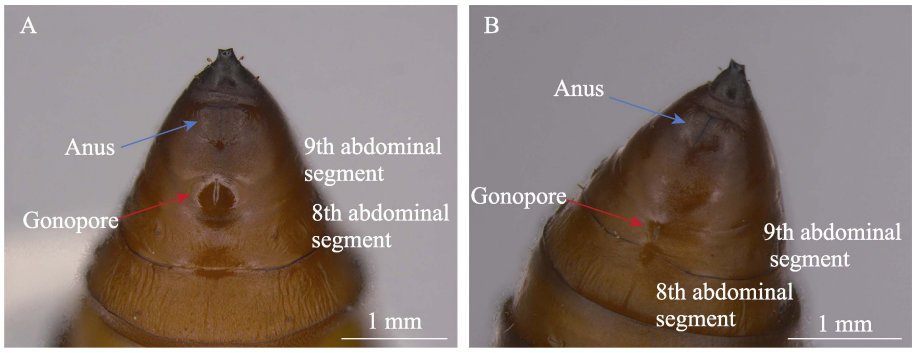


图 5　双直巢螟蛹

Fig. 5　Pupa of *Hypsopygia repetita*

A. 雄蛹；B. 雌蛹。红箭头所示生殖孔，蓝箭头所示肛门。Gonopore：生殖孔；Anus：肛门；8th abdominal segment：第 8 腹节；9th abdominal segment：第 9 腹节。

A. Male pupa; B. Female pupa. Red arrows indicate the gonopore, blue arrows indicate the anus.

2.1.4　成虫　雌虫和雄虫分别观测 100 头，雌虫见图 6（B），翅展（19.97±0.88）mm；雄虫见图 6（C），翅展（18.40±1.21）mm。顶和额被棕黄色鳞片，触角红褐色（图 6：A）。下唇须外侧红褐色，内侧黄色，第 1 节长约为第 2 节的 3/5，第 3 节前伸，长约为第 1 节的 1/5。下颚须细小、棕黄色，与下唇须第 1 节近等长。喙基部被红褐色鳞片。鳞片淡褐色，近腹侧杂有少量红棕色；

翅基片淡褐色。前翅淡褐色，杂少量黑褐色鳞片，前缘基半部淡红褐色，中区有 1 列间断的黄色斑点；内横线淡黄色，出自前缘基部 2/5 处，向外呈弧形伸至后缘基部 1/3 处，外侧具 1 黑褐色线；外横线淡黄色，出自前缘端部 1/4 处，较直，伸至后缘端部 1/5 处，内侧具 1 黑褐色线；中室端斑黑褐色；缘毛淡红褐色，基部混有黑褐色。后翅颜色与前翅相同，基部混有大量黑褐色鳞片；内、外横线淡黄色，前者外侧及后者内侧具有 1 条黑褐色细线，分别出自前缘基部 1/3 处和前缘近中部；缘毛颜色同前翅。雌虫腹部肥大，雄虫腹部狭长，腹部后端稍突起，翅稍举起。

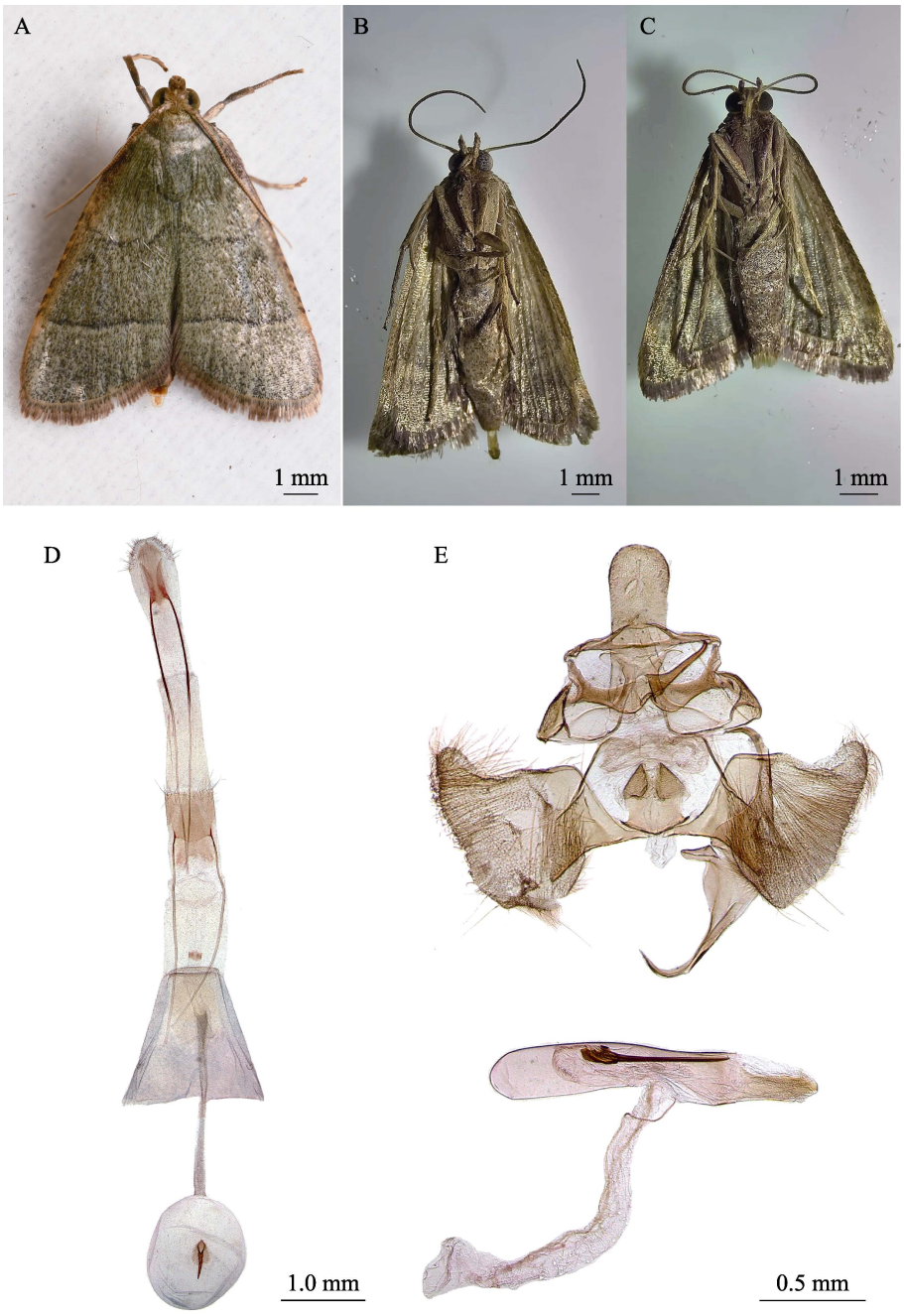


图 6　双直巢螟雌雄成虫和外生殖器

Fig. 6　Male and female adult morphological characteristics and external genitalia of *Hypsopygia repetita*

A. 成虫；B. 雌成虫腹面；C. 雄成虫腹面；D. 雌虫外生殖器；E. 雄虫外生殖器。

A. Adult; B. The abdomen of female adult; C. The abdomen of male adult; D. Female genitalia; E. Male genitalia.

雌性外生殖器：产卵瓣椭圆形，被较短细毛。前、后表皮突纤细，前者约为后者长度的 2/3。囊导管细长，端部 2/3 内壁密被刻点，近基部 1/3 处有 1 个指状突起；交配囊椭圆形，长约为囊导管的 1/2；囊突近圆形，后端具 1 刺状骨片，长约为囊突直径的 2 倍（图 6：D）。

雄性外生殖器：爪形突端部圆筒状，顶端光滑、钝圆。颚形突侧臂带状，端部长度与侧臂近等长，扁平、渐细，末端弯钩状。抱器瓣宽短，基部近方形，末端膨大近扇形，外缘平截。囊形突近三角形，末端呈瘤状凸出。阳茎基环椭圆形，末端密被刻点，阳茎筒状，长约为抱器瓣的 1.5 倍；中部具 1 枚针状角状器，长为阳茎的 1/2（图 6：E）。

2.2　双直巢螟各虫态发育历期

通过温度（26±1）℃、相对湿度 75%±5%、光周期 14 L：10 D 条件下饲养 400 头双直巢螟进行观察，发现双直巢螟各虫态历期为卵（7.1±0.3）d，1 龄幼虫（7.5±0.1）d，2 龄幼虫（4.1± 0.2）d，3 龄幼虫（4.1±0.1）d，4 龄幼虫（5.3± 0.2）d，5 龄幼虫（8.2±0.4）d，蛹（10.2 ± 0.1）d，雌成虫寿命（4.7±0.4）d，雄成虫寿命（4.9±0.4）d，完成一个世代需要（51.4±0.1）d，见表 2。

表 2　双直巢螟各虫态历期

Table 2　Development periods of *Hypsopygia repetita*

虫态 States of the pest		历期（d） Duration (d)
卵 Egg		7.1±0.3
幼虫龄数 Larva age	1	7.5±0.1
	2	4.1±0.2
	3	4.1±0.1
	4	5.3±0.2
	5	8.2±0.4
蛹 Pupa		10.2 ±0.1
成虫 Adult	雌虫 Female	4.7±0.4
	雄虫 Male	4.9±0.4
世代历期 Generation period		51.4±0.1

2.3　寄主及生活史

根据野外调查及结合室内饲养观察发现，在融安地区，双直巢螟的主要寄主为南酸枣、茶叶、钩藤，取食寄主叶片。11 月开始至翌年 4 月，以老熟幼虫在寄主枯枝上越冬，4 月中下旬可见越冬代成虫，一年可发生 4 代，世代重叠。

3　讨论

在这个注重健康的时代，虫茶因其具有普通茶叶的活性成分又兼有中草药的降三高、抑菌、消炎、抗肿瘤等药用功效，越来越受人们的喜爱（袁冬寅等，2021）。虫茶的品质特性会因为产茶地域、产虫茶昆虫的种类、寄主植物的不同而有差别，其中产虫茶昆虫的影响最大。目前我国已报道的产虫茶昆虫，贵州就出现 7 种：米缟螟、白条谷螟 *Fujimacia bicoloralis*、化香夜蛾、紫斑谷螟 *Pyralis farinalis*、灰直纹螟 *Orthopygia glaucinalis*、黄环纹从螟 *Lista haraldusalis*、米仓织蛾 *Martyringa xeraula*（向应海和鲁新成，1998；李后魂，2009；刘健锋等，2013；尚小丽等，2013；Liu *et al.*，2014），此外还有雪疽夜蛾 *Nodaria niphona* 和弓须亥夜蛾、光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis*、蓝目天蛾 *Smerinthus planuus* 等（雷鸣和卢晓黎，2001）。湖南以米缟螟为主，蚕食三叶海棠和老鹰茶叶，广西龙胜、三江以化香夜蛾为主，蚕食化香树叶，融安地区此前报道有米缟螟和弓须亥夜蛾。双直巢螟作为产虫茶昆虫在国内是首次报道，在融安地区的寄主植物主要是南酸枣叶、茶叶、钩藤叶。本研究对双直巢螟各虫态的特征、幼虫的分龄及各虫态的历期、寄主植物进行描述，为该虫的规模化繁殖及下一步利用研究打下基础。

形态特征的观察是最直观的昆虫鉴定方法，观察可知，双直巢螟属于全变态昆虫，一生经历卵、幼虫、蛹、成虫 4 个虫态。本研究观察记录了双直巢螟卵、幼虫、蛹、成虫各虫态的形态特征。雌雄成虫前翅中室端黑褐色的斑块是其比较明显的一个特征，灰直纹螟从形态上看与双直巢螟较相似，但是缘毛颜色稍有不同，双直巢螟缘

毛为淡红褐色，基部混有黑褐色，而灰直纹螟前、后翅缘毛淡灰褐色（刘健锋等，2013）。雌虫发育历期（4.7±0.4）d，雄虫发育历期（4.9±0.4）d。双直巢螟在室温条件下完成一个世代需（51.4±0.1）d，在融安地区一年发生 4 代，据冯世鑫等（2020）的报道，弓须亥夜蛾在融安地区一年仅发生 3 代，且世代重叠，融安属于桂北地区，冬季温度较低，由此也可以看出温度对产虫茶昆虫的生长影响较大。

由于虫茶是产虫茶昆虫幼虫阶段蚕食寄主植物，产生虫粪，再经过一系列加工工艺成为虫茶，因此对幼虫的研究需要更深入一些，前人对双直巢螟的研究较少，尚未有对幼虫分龄的报道，本研究通过测量头壳宽度进行分龄，这也是很多鳞翅目昆虫幼虫及其他昆虫分龄的方法（于永浩等，2012；夏涛等，2018；蓝来娇等，2019；章金明等，2021；韩文素等，2022；张桂芬等，2023）。通过研究头壳宽度与龄期数量的关系验证龄期划分的合理性。在试验中，头壳宽度的 Crosby 指数均小于 10%，因此判定根据头壳宽度将双直巢螟幼虫划分为 5 龄是合理的。孙艳娟等（2009）报道，油桐尺蠖 *Buasra suppressaria* 幼虫分为 6 龄和 7 龄时 Crosby 指数均小于 10%，但是实际观察发现油桐尺蠖幼虫分为 7 龄，由此说明 Crosby 指数并不适用于所有昆虫的分龄指标的判断，还需要结合实际观察。本研究中将幼虫分为 5 龄时 Crosby 指数小于 10%，根据实际观察幼虫脱壳次数将幼虫分为 5 龄，二者吻合。

昆虫的生长发育受温度、湿度、营养状况等条件的影响。本研究发现在温度（26±1）℃、相对湿度 75%±5%、光周期 14 L：10 D 条件下，双直巢螟完成一个世代需要（51.4±0.1）d。由于本研究结果是在恒温恒湿的条件下单头饲养幼虫而得的，为了察看头壳的脱落及幼虫的生长情况，需要经常挑动幼虫吐丝连缀食物形成的隧道寻找幼虫，惊动了幼虫，难免对其生长发育造成一定影响。在生产实践中，产虫茶昆虫的饲养都是在较大的空间中进行，自然变温的条件更利于虫子的生长，有可能生产实践中完成一个世代所需时间会缩短。尚小丽等（2013）研究发现，紫斑谷螟在恒温恒湿的条件下不同虫态的平均发育历期在 19-31 ℃范围内均随着温度的升高而缩短，31 ℃时达到最小值，25-28 ℃是紫斑谷螟的最适发育温度范围，但是生产实践中自然的变温变湿条件更利于紫斑谷螟的生长，所以在调查中发现 5 月上旬至 7 月上旬赤水地区紫斑谷螟的实际发育历期要比实验室的研究结果短，而且湿度也是影响对紫斑谷螟的生长重要因素之一。本研究仅观察了恒温恒湿条件下双直巢螟的生长发育情况，和自然生长的环境相比存在一定的差距，不能很全面地了解不同条件下双直巢螟的生长情况。因此，今后需要开展变温、湿度、食物条件等对双直巢螟生长发育影响的研究，为更加高效、规模化地人工繁殖提供参考。

致谢：感谢中国科学院昆明植物研究所郭建伟副研究员（现工作于昆明学院云南省魔芋生物学重点实验室）协助鉴定昆虫。

参考文献 (References)

Cai WZ, Pang XF, Hua BZ, Liang GW, Song DL, 2011. General Entomology (2nd ed.). Beijing: China Agricultural University Press. 229–230. [彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 梁广文, 宋敦伦, 2011. 普通昆虫学 (第 2 版). 北京: 中国农业大学出版社. 229–230.]

Feng SX, Wei YG, Wei YQ, 2020. Studies on the biological characteristics and phototaxis of the *Hydrillodes repugnalis*, a insect used for producing insect tea. *Hubei Agricultural Sciences*, 59(17): 72–74, 82. [冯世鑫, 韦玉国, 韦玉谦, 2020. 产虫茶昆虫弓须亥夜蛾的生物学特性及其趋光性研究. 湖北农业科学, 59(17): 72–74, 82.]

Han WS, Li J, Gao JL, Zhong YH, Liu JF, Wang SJ, Zhao S, 2022. Division of larval instars of *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitdiuldae). *Plant Quarantine*, 36(4): 27–32. [韩文素, 李健, 高景林, 钟义海, 刘俊峰, 王释婕, 赵珊, 2022. 蜂巢小甲虫幼虫龄期的划分. 植物检疫, 36(4): 27–32.]

Lan LJ, Zhang YY, Ma T, Hu KY, Wang SK, Sun ZH, Wang C, Chen XY, Wen XJ, 2019. Observations on the morphological characteristics and the developmental periods of *Eutectona machaeralis* (Walker). *Journal of Environmental Entomology*, 41(1): 202–207. [蓝来娇, 张媛媛, 马涛, 胡可炎, 王胜坤, 孙朝辉, 王偲, 陈晓阳, 温秀军, 2019. 柚木野螟各虫态形态与发育历期观测. 环境昆虫学报, 41(1): 202–207.]

Lei M, Lu XL, 2001. Chinese insect tea resources and research status. *Food Science*, 22(11): 100–102. [雷鸣, 卢晓黎, 2001. 中国虫茶资源及研究现状. 食品科学, 22(11): 100–102.]

Li HH, 2009. Insecta of Henan, Lepidoptera: Dipteroida. Beijing: Science Press. 46. [李后魂, 2009. 河南昆虫志, 鳞翅目: 螟蛾总科. 北京: 科学出版社. 46.]

Liu JF, Yang MF, Wang FM, Shang XL, Hu JF, 2013. Description on the morphological characteristics of *Orthopygia glaucinalis* (Linnaeus) and its insect tea. *Guangdong Agriculture Science*, 40(21): 171–173, 181. [刘健锋, 杨茂发, 王方梅, 尚小丽, 胡吉凤, 2013. 产虫茶昆虫灰直纹螟及其虫茶形态特征记述. 广东农业科学, 40(21): 171–173, 181.]

Liu JF, Liu M, Yang MF, Kontodimas DC, Yu XF, Lian QX, 2014. Temperature-dependent development of *Lista haraldusalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) on *Platycarya strobilacea*. *Journal Asia-Pacific Entomology*, 17(4): 803–810.

Liu JF, Yang MF, Hu JF, Shang XL, Song QZ, Li B, Sang WJ, 2015. Investigation on the resource and utilization situation of insect tea in Guizhou. *Guizhou Agticultural Sciences*, 43(2): 2, 62–65. [刘健锋, 杨茂发, 胡吉凤, 尚小丽, 宋琼章, 李斌, 桑维钧, 2015. 贵州虫茶资源及其利用的现状调查. 贵州农业科学, 43(2): 2, 62–65.]

Shang XL, Yang MF, Zhang CR, Cai L, Feng YL, Qiu T, 2013. Effects of temperature on the growth and development of *Pyralis farinalis* (Lepidoptera: Pyralidae), one insect used for producing insect tea in China. *Acta Entomologica Sinica*, 56(6): 671–679. [尚小丽, 杨茂发, 张昌容, 蔡兰, 冯友丽, 邱婷, 2013. 温度对产虫茶昆虫紫斑谷螟生长发育的影响. 昆虫学报, 56(6): 671–679.]

Sun YJ, Wei JY, Yang ZD, Li M, Wei YL, Wei HH, 2009. Classification on larvae instars of *Buzura suppressaria*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(6): 892–895. [孙艳娟, 韦金英, 杨振德, 李明, 韦泳丽, 韦海花, 2009. 油桐尺蠖幼虫龄期的划分. 昆虫知识, 46(6): 892–895.]

Wen LX, Yuan DY, Ou SQ, Zhang F, Chen JX, Huang SH, Feng CM, Peng JR, 2022a. Analysis of main tea characteristic components and volatile components and amino acid nutrition evaluation of insect tea from three producing areas in Guangxi. *Science and Technology of Food Industry*, 43(20): 329–336. [温立香, 袁冬寅, 欧淑琼, 张芬, 陈家献, 黄寿辉, 冯春梅, 彭靖茹, 2022a. 广西三个产区虫茶主要茶特征成分、挥发性成分分析及氨基酸营养评价. 食品工业科技, 43(20): 329–336.]

Wen LX, Zhang F, Yuan DY, Chen JX, Peng JR, Huang SH, 2022b. Study on toxicological safety evaluation of Guangxi insect tea. *Journal of Tea Communication*, 49(1): 102–107. [温立香, 张芬, 袁冬寅, 陈家献, 彭靖茹, 黄寿辉, 2022b. 广西虫茶毒理学安全性评价研究. 茶叶通讯，49(1):102–107.]

Xia T, Li ZB, Wu GX, Li F, Li Q, Tian Y, Ma CH, Zeng QC, Gao X, 2018. Determination of larval instars of *Noorda blitealis* Walker. *Journal of Southern Agriculture*, 49(11): 2218–2223. [夏涛, 李召波, 吴国星, 李凡, 李强, 田洋, 马春花, 曾千春, 高熹, 2018. 辣木瑙螟虫虫龄期的判定. 南方农业学报, 49(11): 2218–2223.]

Xiang YH, Lu XC, 1998. Hawk-tea-an old folk tea existed in Dalou Shan regions of Guizhou Province. *Guizhou Science*, 16(3): 216–220. [向应海, 鲁新成, 1998. 老鹰茶——贵州大娄山民族民间古茶种. 贵州科学, 16(3): 216–220.]

Yu YH, Cen GJ, Wei DW, Zeng XR, Zeng T, 2012. Division of larval instars of *Dorysthenes granulosus* based on Crosby growth rule. *Journal of Southern Agriculture*, 43(10): 1485–1489. [于永浩, 岑冠军, 韦德卫, 曾宪儒, 曾涛, 2012. 基于 Crosby 生长法则的蔗根土天牛幼虫龄期划分. 南方农业学报, 43(10): 1485–1489.]

Yang MH, Zhang JT, Zong SX, Luo YQ, Niu HL, Zhang B, 2012. Determination of the larval instar number of the carpenter moth *Holcocerus vicarius* (Lepidoptera: Cossidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(6): 710–718. [杨美红, 张金桐, 宗世祥, 骆有庆, 牛辉林, 张彪, 2012. 榆木蠹蛾幼虫龄数的确定. 昆虫学报, 55(6): 710–718.]

Yuan DY, Chen JX, Zhang F, Huang SH, Peng JR, Wen LX, 2021. The current situation and prospect of insect tea. *Food Research and Development*, 42(9): 198–204. [袁冬寅, 陈家献, 张芬, 黄寿辉, 彭靖茹, 温立香, 2021. 虫茶的研究现状及发展前景. 食品研究与开发, 42(9): 198–204.]

Yuan DY, Zhang F, Chen JX, Ou SQ, Peng JR, Zhang XH, Huang SH, Wen LX, 2024. Comparison of antioxidant effects of different insect teas and their plant raw materials. *Journal of Food Safety and Quality*, 15(3): 310–319. [袁冬寅, 张芬, 陈家献, 欧淑琼, 彭靖茹, 张栩浩, 黄寿辉, 温立香, 林玲, 2024. 不同虫茶及其植物原料的抗氧化作用效果比较. 食品安全质量检测学报, 15(3): 310–319.]

Zhang JM, Zhou SX, Lin Y, Liu M, Wang LK, Lü YB, 2021. Determination of larval instars of *Spodoptera exigua* (Hübner). *Acta Agriculture Zhejiangensis*, 33(6): 1035–1041. [章金明, 周书行, 林雅, 刘敏, 王丽坤, 吕要斌, 2021. 甜菜夜蛾幼虫龄数和龄期的测定. 浙江农业学报, 33(6): 1035–1041.]

Zhang GF, Yin HJ, Wang YS, Li ZJ, Bi SY, Wang R, Liu WX, Wan FH, 2023. Determination of larval instars of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 39(2): 340–345. [张桂芬, 殷惠军, 王玉生, 李振江, 毕思言, 王瑞, 刘万学, 万方浩, 2023. 番茄潜叶蛾幼虫的龄数和龄期测定. 中国生物防治学报, 39(2): 340–345.]