应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2021, 58(1): 158−164. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2021.016

异斑小字大蚕蛾幼虫形态、龄期与生活史研究*

张锦坤[1**] 胡可炎[1] 张国祥[1] 冯 莹[2] 温秀军[1] 王 偲[1] 马 涛[1***]

（1. 华南农业大学，林学与风景园林学院，广东省森林植物种质创新与利用重点实验室，广州 510642；
2. 广东省森林资源保育中心，广州 510173）

摘 要 【**目的**】通过观察异斑小字大蚕蛾 *Cricula variabilis* 的各虫态发育特征，掌握其基本生活史、幼虫各龄形态特征及区分方法。【**方法**】在室内进行饲养观察，通过测量幼虫头壳宽、体长、体宽 3 个指标并计算 Brooks 指数和 Crosby 指数，结合线性回归方法对得到的数据进行拟合，确定最佳分龄指标。【**结果**】异斑小字大蚕蛾一个世代共（77.86 ± 1.09）d，蛹期占 29.44%，卵期占 14.46%，成虫期占 6.19%。幼虫共 6 龄，历期最长，占整个世代的 49.91%，且每个龄期随虫龄的增长而增加。运用 Dyar 法则与 Crosby 生长法则验证了头壳宽是幼虫最合理的分龄指标。通过对头壳宽、体长、体宽 3 个分龄指标的进行线性回归方法分析，头壳宽的指数、二次、三次线性方程来划分幼虫龄期的效果较优，其回归方程分别为 $y = 0.103\,8x^2 - 0.026\,2x + 0.735\,8$（$R^2 = 0.996\,5$）、$y = 0.572\,6e^{0.340\,4x}$（$R^2 = 0.995\,6$）、$y = 0.001\,5x^3 + 0.087\,9x^2 + 0.021\,8x + 0.697\,6$（$R^2 = 0.996\,5$）。【**结论**】本研究描述了异斑小字大蚕蛾各龄期幼虫的形态特征，和明确幼虫共 6 龄，头壳宽是幼虫分龄最合适的指标。

关键词 异斑小字大蚕蛾；幼虫龄数；虫态历期；生活史；幼虫形态

Larval morphology, instars and life cycle of *Cricula variabilis* (Lepidoptera: Saturniidae)

ZHANG Jin-Kun[1**] HU Ke-Yan[1] ZHANG Guo-Xiang[1]
FENG Ying[2] WEN Xiu-Jun[1] WANG Cai[1] MA Tao[1***]

(1. Guangdong Key Laboratory for Innovative Development and Utilization of Forest Plant Germplasm, College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2. Forest Resources Conservation Center of Guangdong Province, Guangzhou 510173, China)

Abstract **[Objectives]** To describe the development of *Cricula variabilis* and elucidate the life cycle, morphological characteristics and larval instars of this species. [**Methods**] Head capsule width, body length and body width, of larvae were measured to calculate Brooks and Crosby ratios. A linear regression model was then fitted to the data to determine the best criteria for instar separation. [**Results**] A generation of *C. variabilis* persists for a total of (77.86 ± 1.09) d, 29.44% of which is comprised of the pupal stage, 14.46% by the egg stage, 6.19% by the adult stage and 49.91% by the larval stage. The larval stage has six instars, which can be distinguished on the basis of head capsule width according to Dyar's and Crosby rules. The duration of each successive instar is longer than that of the preceding instar. Exponential, quadratic and cubic linear models of head capsule width provided the best estimates the larval age. The relationship between head capsule width and larval instar was best explained by the equations: $y = 0.103\,8x^2 - 0.026\,2x + 0.735\,8$ ($R^2 = 0.996\,5$), $y = 0.572\,6e^{0.340\,4x}$ ($R^2 = 0.995\,6$), $y = 0.001\,5x^3 + 0.087\,9x^2 + 0.021\,8x + 0.697\,6$ ($R^2 = 0.996\,5$). [**Conclusion**] A single generation of *C. variabilis* persists for (77.86 ± 1.09) d, 49.91% of which is comprised of the larval stage. The latter has a total of 6 instars which are best distinguished on the basis of head capsule width.

Key words *Cricula variabilis*; larvae instars; developmental duration; life cycle; morphological characteristics

---

*资助项目 Supported projects：广东省林业科技创新项目（2019KJCX016）

**第一作者 First author，E-mail：m18819427405@163.com

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

收稿日期 Received：2019-09-19；接受日期 Accepted：2020-03-15

异斑小字大蚕蛾 *Cricula variabilis* Naumann & Löffler, 2010，又名异斑酷大蚕蛾，隶属鳞翅目（Lepidoptera）大蚕蛾科（Saturniidae）小字大蚕蛾属（*Cricula*）。近些年在广东省广州市增城区大封门林场暴发成灾，其主要寄主植物为中华润楠 *Machilus chinensis*，也可危害黧蒴锥 *Castanopsis fissa*、鸭脚木 *Schefflera octophylla*、枇杷叶紫珠 *Callicarpa kochiana* 等多种阔叶树，严重时可造成林区阔叶乔木大面积枯死（陈刘生等，2019；张锦坤等，2020）。润楠属植物具有干直、速生、木材轻软、纹理直、耐腐等特性，可作园林绿化、工业原料、家具木材、药用、香料等多种用途，具有显著的经济意义（徐振东等，2016）。而樟科、壳斗科植物均为增城区林区的优势群落，树种组成比较简单，优势种类比较明显（庄雪影等，2002；马红岩等，2007），为了防止该害虫危害范围进一步扩大，在造成更大经济损失前应该立即展开对其防治措施的研究。

区分幼虫龄期是进一步开展害虫生物学、生态学研究以及制定防治策略和预测预报害虫发生规律的基础（魏书军等，2006；董易之等，2011）。目前，国内外尚未报道异斑小字大蚕蛾完整的生活史与幼虫龄期划分，因此，有必要开展该虫幼虫龄期划分的研究。本研究通过测量与分析头壳宽、体长和体宽 3 个参数，旨在对异斑小字大蚕蛾幼虫发育历期进行观测，明确该幼虫各龄的特征与参数，为后续林间发生规律与防治方法的研究奠定基础。

1　材料与方法

1.1　供试虫源及饲养方法

试验所用虫源采自广东省广州市增城区大封门森林公园（23°36′N，113°47′E），在温度（26 ± 1）℃，相对湿度 75% ± 5%，光暗周期 L：D = 12：12 的室内条件下进行饲养，其中光期 19:00-7:00，暗期 7:00-17:00。幼虫分装在收纳箱内进行饲养，每天定时更换新鲜的中华润楠叶片，直至幼虫化蛹为止。

1.2　异斑小字大蚕蛾各虫态发育历期观察

将雌雄蛹分开放置，待成虫羽化后，观察交尾、产卵等行为，然后观察卵的孵化情况。待孵化后，定时观察每一日龄幼虫的生长情况，统计其各虫态的发育历期，直到第 2 代幼虫全部化蛹。

1.3　幼虫龄数的确定与分龄指标测量

从幼虫孵化起，每天观察其蜕皮情况，直到幼虫化蛹为止，确定幼虫蜕皮的次数即龄数。从 1 龄幼虫开始，每次转龄后记录其每个虫态的历期，且测量幼虫的 3 个分龄指标：头壳宽（与虫体纵轴垂直的头壳宽度最大值）、体长（虫体自然停息条件下的头部顶端到腹部末端的距离）和体宽（虫体自然停息条件下与虫体纵轴垂直的虫体宽度最大值）。低龄幼虫的分龄指标采用奥特 SZ66 型体视显微镜与配套 OPTPro 数码显微图像处理分析系统软件进行测量，高龄幼虫超过体视显微镜量程的分龄指标采用游标卡尺进行测量。

1.4　数据统计分析

数据使用 SPSS 22.0 进行统计和分析，确定龄数后计算分龄指标的平均值、标准误差及变异系数。根据 Crosby 生长法则计算 Brooks 指数和 Crosby 指数，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以确定最佳分龄指标。

Brooks 指数 = x_n / x_{n-1} （x_n 和 x_{n-1} 分别表示 n 龄和 $n-1$ 龄幼虫各个测量指标的平均值）；

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

2　结果与分析

2.1　异斑小字大蚕蛾各虫态发育历期

通过室内饲养发现，异斑小字大蚕蛾幼虫共 6 龄，一个完整的世代需要经历（77.86 ± 1.09）d（表 1）。其中，幼虫期历期最长，为（38.86 ±

表 1 异斑小字大蚕蛾各虫态历期

Table 1 Duration of *Cricula variabilis* states

虫态 States of the pest		样本量 Number	历期（d） Duration
卵 Egg		2 078	11.26 ± 0.05
幼虫 Larva	1 龄 1st	467	5.86 ± 0.02
	2 龄 2nd	303	6.01 ± 0.03
	3 龄 3rd	171	6.24 ± 0.05
	4 龄 4th	107	6.40 ± 0.06
	5 龄 5th	83	6.67 ± 0.07
	6 龄 6th	52	7.67 ± 0.11
蛹 Pupa	雌蛹 Female	83	23.29 ± 0.24
	雄蛹 Male	75	22.56 ± 0.28
成虫 Adult	雌虫 Female	29	4.93 ± 0.46
	雄虫 Male	54	4.71 ± 0.41
世代 Generation period		–	77.86 ± 1.09

表中历期的数值为平均值±标准误差。

Data of duration in the table are mean ± SE.

0.35）d，1 龄幼虫的历期（5.86 ± 0.02）d 最短，6 龄幼虫历期（7.67 ± 0.11）d 最长，每龄历期与虫龄呈正相关关系；蛹期次之，为（22.92 ± 0.26）d；卵期（11.26 ± 0.05）d；成虫期最短，仅为（4.82 ± 0.44）d（图 1）；其中雌蛹及雌成虫的发育历期均长于雄性。

2.2 异斑小字大蚕蛾各龄期幼虫形态特征

异斑小字大蚕蛾幼虫分为 6 龄，随着幼虫的生长，各时期的形态特征均有所变化（表 2），1-6 龄幼虫形态见图 2。

2.3 异斑小字大蚕蛾幼虫分龄指标测量及拟合效果

通过对异斑小字大蚕蛾 1-6 龄幼虫的 3 种分龄指标进行测量与分析后，得到表 3。从表 3 可以看出，在头壳宽、体长、体宽 3 个体征参数中，头壳宽的变异系数与 Crosby 指数最小，且各龄期的变异系数均小于 10%，体长与体宽的变异系数与 Crosby 指数均较大。因此，选用头壳宽这一指标作为幼虫分龄依据。

对 3 种分龄指标与幼虫龄数进行线性与指数回归分析（表 4，其中 x 为幼虫龄数，y 为历期），发现在指数、直线、二次线性、三次线性

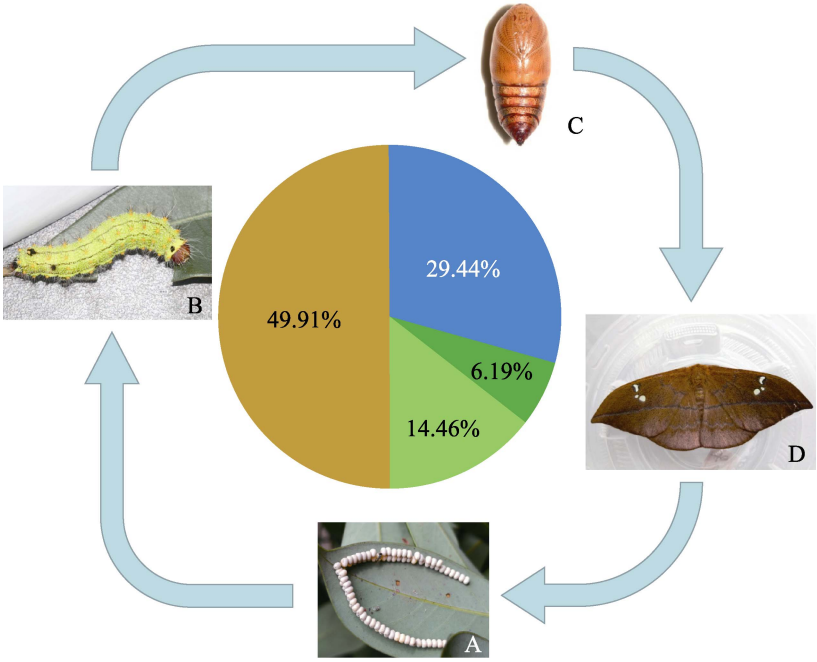

图 1 异斑小字大蚕蛾虫态发育示意图

Fig. 1 Developmental schematic diagram of *Cricula variabilis*

A. 卵；B. 幼虫；C. 蛹；D. 成虫。

A. Egg; B. Larvae; C. Pupae; D. Adult.

表 2　异斑小字大蚕蛾各龄幼虫形态特征

Table 2　Morphological characteristics of each instar larvae of *Cricula variabilis*

龄期 Instar	体长（mm） Body length	体宽（mm） Body width	形态特征 Morphological character
1 龄 1st	2.4-4.0	0.6-0.9	头壳黑色，虫体浅黄绿色，体表密布刺突，背部三道纵线不明显
2 龄 2nd	4.1-8.6	0.8-1.3	头壳变为浅红棕色，虫体浅黄绿色，背部纵线颜色开始加深
3 龄 3rd	5.7-12.8	1.1-2.2	头壳转为深红棕色，虫体深黄绿色，背部纵线变黑，十分明显
4 龄 4th	12.6-25.2	1.9-4.1	头壳深红棕色，虫体深黄绿色，体表的刺突基部变白，可明显观察到虫体布满砂砾状白点
5 龄 5th	19.5-36.3	3.2-6.4	头壳深红棕色，虫体变为草绿色，幼虫头部两块黑斑开始变小
6 龄 6th	23.5-62.7	5.0-9.8	头壳深红棕色，虫体草绿色，腹部末端黑色区域内的刺簇基部变为橙色，幼虫头部两块黑斑逐渐消失

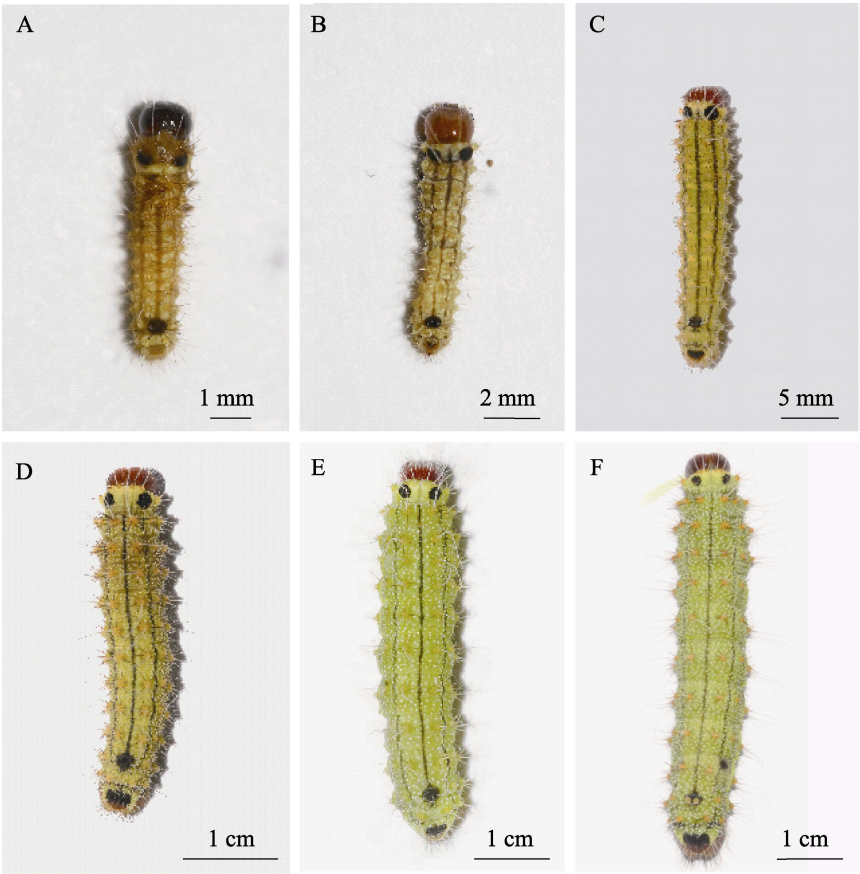

图 2　异斑小字大蚕蛾幼虫形态

Fig. 2　Morphological characteristics of the larvae of *Cricula variabilis*

A. 1 龄；B. 2 龄；C. 3 龄；D. 4 龄；E. 5 龄；F. 6 龄。

A. 1st larvae; B. 2nd larvae; C. 3rd larvae; D. 4th larvae; E. 5th larvae; F. 6th larvae.

3 种拟合模型中，直线的拟合效果最差，指数型和二次线性模型的拟合效果次之，三次线性的拟合效果最好，其确定性系数 R^2 分别为 0.996 5（头壳宽）、0.998 9（体长）、0.999 6（体宽）。除直线模型以外，其他 3 种拟合模型确定性系数均大于 0.99。

表 3　异斑酷大蚕蛾幼虫 3 种分龄指标的测量值与统计分析

Table 3　Measurements and statistics for three indexes of instar separation of the *Cricula variabilis* larvae

龄期 Larval instar	样本量 Number of samples	头壳宽（mm） Head capsule width				体长（mm） Body length				体宽（mm） Body width			
		均值 Mean ± SE	变异系数 Coefficient of variation	Brooks 指数 Brooks ratio	Crosby 指数 Crosby ratio	均值 Mean ± SE	变异系数 Coefficient of variation	Brooks 指数 Brooks ratio	Crosby 指数 Crosby ratio	均值 Mean ± SE	变异系数 Coefficient of variation	Brooks 指数 Brooks ratio	Crosby 指数 Crosby ratio
1 龄 1st	100	0.815 3 ± 0.004 7	0.058 0			3.407 9 ± 0.028 1	0.082 6			0.746 5 ± 0.005 5	0.073 2		
2 龄 2nd	100	1.105 2 ± 0.006 5	0.059 2	1.355 6		6.202 8 ± 0.084 6	0.136 4	1.820 1		1.017 0 ± 0.007 3	0.071 7	1.362 4	
3 龄 3rd	100	1.529 4 ± 0.014 3	0.093 5	1.383 8	0.020 8	8.802 3 ± 0.144 5	0.164 1	1.419 1	- 0.220 3	1.569 1 ± 0.019 7	0.125 9	1.542 9	0.132 5
4 龄 4th	60	2.418 5 ± 0.030 1	0.096 4	1.581 3	0.142 7	16.576 0 ± 0.294 3	0.137 5	1.883 1	0.327 0	2.897 9 ± 0.057 6	0.154 0	1.846 9	0.197 0
5 龄 5th	33	3.095 4 ± 0.052 4	0.097 2	1.279 9	- 0.190 6	27.48 ± 0.70	0.146 6	1.657 8	- 0.119 7	4.719 4 ± 0.139 0	0.169 2	1.628 6	- 0.118 2
6 龄 6th	35	4.345 6 ± 0.072 7	0.098 9	1.403 9	0.096 9	42.04 ± 1.70	0.239 1	1.529 8	- 0.077 2	7.731 9 ± 0.240 0	0.183 7	1.638 3	0.006 0

表 4　异斑小字大蚕蛾幼虫形态结构测量值回归方程及确定性系数

Table 4　Regression equation and coefficient of determination of morphological structures of *Cricula variabilis* larvae

形态结构 Morphological structures	拟合模型 Fitted model	回归方程 Regression equation	确定性系数 R^2 Coefficient of determination
头壳宽 Head capsule width	指数 Exponential	$y = 0.572\,6e^{0.340\,4x}$	0.995 6
	直线 Linear	$y = 0.700\,3x - 0.232\,9$	0.951 9
	二次 Quadratic	$y = 0.103\,8x^2 - 0.026\,2x + 0.735\,8$	0.996 5
	三次 Cubic	$y = 0.001\,5x^3 + 0.087\,9x^2 + 0.021\,8x + 0.697\,6$	0.996 5
体长 Body length	指数 Exponential	$y = 2.113\,3e^{0.504\,6x}$	0.996 0
	直线 Linear	$y = 7.564\,7x - 9.058\,4$	0.906 7
	二次 Quadratic	$y = 1.643\,6x^2 - 3.940\,7x + 6.282\,2$	0.998 0
	三次 Cubic	$y = 0.121\,5x^3 + 0.367\,6x^2 - 0.088\,2x + 3.219\,6$	0.998 9
体宽 Body width	指数 Exponential	$y = 0.412\,9e^{0.483x}$	0.992 5
	直线 Linear	$y = 1.353\,2x - 1.622\,7$	0.881 9
	二次 Quadratic	$y = 0.335\,5x^2 - 0.995\,2x + 1.508\,6$	0.997 5
	三次 Cubic	$y = 0.034\,2x^3 - 0.023\,7x^2 + 0.089\,3x + 0.646\,4$	0.999 6

3　结论与讨论

确定幼虫的龄数，是制定防治策略，害虫预测预报的基础之一（刘永华等，2014；王芳等，2016；蓝来娇等，2019），而对害虫的虫态历期、代生活史的研究可以进一步掌握该害虫的发生规律，推测害虫在该地区的年生活史。本研究通过对异斑小字大蚕蛾的饲养，确定了其每年在广东地区第 2 代的代生活史为（77.86 ± 1.09）d，幼虫期历期最长，为（38.86 ± 0.35）d，占整个世代的 49.91%，幼虫龄数一共为 6 龄，且各龄历期随虫龄增长而增长。根据戴氏法则（Dyar's rule），鳞翅目幼虫各龄期之间的头壳宽度是按一定的几何级数增长的，且头壳上颚等骨化程度较高的部位呈间断式增长，躯干等骨化程度低的部位呈连续式增长（陈永年和潘桐，1988；彩万志和庞雄飞，2001）。在测定了异斑小字大蚕蛾幼虫的头壳宽、体长和体宽 3 个指标，并计算出其平均值、标准误差、变异系数、Brooks 指数、Crosby 指数后，证明幼虫分为 6 龄是符合戴氏法则与 Crosby 生长法则的。以头壳宽作为幼虫分龄指标最合理，而体长和体宽的测量值由于 Crosby 指数较大，且其变异系数均大于 10%，不宜作为龄数划分的指标和依据。这一研究结果与其他鳞翅目幼虫的分龄指标研究相似，梨小食心虫 *Grapholitha molesta*，栎黄枯叶蛾 *Trabala vishnou gigantina*，金纹细蛾 *Lithocolletis ringoniella* 等害虫均利用头壳宽这一指标作为分龄依据（王春蕾等，2007；刘永华等，2014；王芳等，2016）。在非鳞翅目的幼虫中，也是将骨化程度较高的部位的量度作为分龄指标，如枣实蝇 *Carpomya vesuviana* 的分龄指标可用口钩长和头咽骨长（胡陇生等，2012）；王小艺等（2005）认为尾叉长度及口缘宽度可以作为白蜡窄吉丁 *Agrilus planipennis* 的理想分龄特征；上颚长、主单眼间距和前胸背板宽 3 项指标均可用于栗山天牛 *Massicus raddei* 幼虫的分龄（王小艺等，2012）。

结合拟合的结果，在各项指标的拟合模型中，三次线性的拟合效果最好，其确定性系数 R^2 分别为 0.996 5（头壳宽）、0.998 9（体长）和 0.999 6（体宽），3 个指标的确定性系数 R^2 均大于 0.99。但由于体长与体宽的 Crosby 指数均大于头壳宽，因此使用头壳宽的 $y = 0.001\ 5x^3 + 0.087\ 9x^2 + 0.021\ 8x + 0.697\ 6$ 这一模型来推算幼虫龄期效果最好。其次也可以使用二次线性模型 $y = 0.103\ 8x^2 - 0.026\ 2x + 0.735\ 8$（$R^2 = 0.996\ 5$）与指数模型 $y = 0.572\ 6e^{0.340\ 4x}$（$R^2 = 0.995\ 6$），但直线模型 $y = 0.700\ 3x - 0.232\ 9$（$R^2 = 0.951\ 9$）确定性系数 R^2 较低，不建议在生产实践中使用。

虽然头壳宽是最合适的分龄指标，然而在野外进行虫害调查时，绝大多数调查人员依然是以体型作为第一参考标准，而体长是野外区分幼虫龄期最简便的参数，因此本实验在测量体征参数的同时也研究了异斑小字大蚕蛾幼虫各龄期的外表与特征，为在野外快速判断幼虫龄期提供依据。由于本实验是通过观察确定的幼虫龄数，相比于通过计算分析得出的龄数要准确得多，但是昆虫幼虫的生长发育与龄数可能会受到取食条件、气候环境等因素的影响（Fantinou *et al.*，1996；朱俊洪等，2005；杨美红等，2012），所以野外异斑小字大蚕蛾的幼虫龄数是否会受到环境变化的影响还需要展开进一步的研究。

参考文献 (References)

Cai WZ, Pang XF, 2001. General Entomology. Beijing: China Agricultural University Press. 236. [彩万志, 庞雄飞, 2001. 普通昆虫学. 北京: 中国农业大学出版社. 236.]

Chen LS, Li KY, Huang HH, Lin FX, Chen TS, 2019. Primary research on *Cricula variabilis*-a new defoliator of broad-leaved trees from south China. *Journal of Environmental Entomology*, 41(5): 1011–1017. [陈刘生, 李琨渊, 黄焕华, 林福新, 陈天生, 2019. 阔叶树食叶新害虫——异斑酷大蚕蛾研究初报. 环境昆虫学报, 41(5): 1011–1017.]

Chen YN, Pan T, 1988. Growth law of head breadth and feeding amount of larvae. *Chinese Bulletin of Entomology*, 25(4): 235–240. [陈永年, 潘桐, 1988. 也谈昆虫幼虫头宽及摄食量的增长规律. 昆虫知识, 25(4): 235–240.]

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.]

Fantinou AA, Tsitsipis JA, Karandinos MG, 1996. Effects of

short-and-long-day photoperiods on growth and development of *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 25(6): 1337–1343.

Hu LS, Qi CJ, Zhu YF, Tian CM, Ren L, 2012. Determination on larva instars of ber fruit fly. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 35(2): 137–139. [胡陇生, 齐长江, 朱银飞, 田呈明, 任玲, 2012. 枣实蝇幼虫龄期的测定. 新疆农业大学学报, 35(2): 137–139.]

Lan LJ, Zhang YY, Ma Y, 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.]

Liu YH, Zhang YQ, Yan XF, Zheng YG, Lu YP, Zong SX, Luo YQ, 2014. Determination of the larval instars of *Trabala vishnou gigantina* Yang (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(5): 1343–1349. [刘永华, 章一巧, 阎雄飞, 郑永贵, 陆鹏飞, 宗世祥, 骆有庆, 2014. 栎黄枯叶蛾幼虫龄数的确定. 应用昆虫学报, 51(5): 1343–1349.]

Ma HY, Zhuang XY, Peng YS, Zhang H, Tang GD, Mo LJ, 2007. Floristic diversity and dominant populations of *Machilus leptophylla* community on Nankunshan Mountain, Guangdong. *Forestry and Environmental Science*, 23(4): 11–16. [马红岩, 庄雪影, 彭逸生, 张浩, 唐光大, 莫罗坚, 2007. 广东南昆山华东润楠群落及优势种群研究. 林业与环境科学, 23(4): 11–16.]

Wang CL, Cong B, Wang HP, 2007. Identification on larval instars of the asintic apple leaf-miner, *Lithocolletis ringoniella* Mats. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 38(3): 404–406. [王春蕾, 丛斌, 王洪平, 2007. 金纹细蛾幼虫龄期的鉴别. 沈阳农业大学学报, 38(3): 404–406.]

Wang F, Yu Q, Guo GM, Hao C, Fan RJ, 2016. Determination of larval instar number and duration of the *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(2): 390–395. [王芳, 庾琴, 郭贵明, 郝赤, 范仁俊, 2016. 梨小食心虫幼虫龄数和龄期的划分. 应用昆虫学报, 53(2): 390–395.]

Wang XY, Yang ZQ, Liu GJ, Liu ES, 2005. Larval instars and stadia of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). *Scientia Silvae Sinicae*, 41(3): 97–102. [王小艺, 杨忠岐, 刘桂军, 刘恩山, 2005. 白蜡窄吉丁幼虫的龄数和龄期测定. 林业科学, 41(3): 97–102.]

Wang XY, Yang ZQ, Tang YL, Jiang J, Yang YL, Gao C, 2012. Determination of larval instar number and duration in the oak longhorn beetle, *Massicus raddei* (Coleoptera:Cerambycidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(5): 575–584. [王小艺, 杨忠岐, 唐艳龙, 姜静, 杨远亮, 高纯, 2012. 栗山天牛幼虫龄数和龄期的测定. 昆虫学报, 55(5): 575–584.]

Wei SJ, Zheng HH, Huangpu WG, Shi ZH, Chen XX, 2006. Division of larval instars of the citrus borer, *Agrilus auriventris* 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.]

Xu ZD, Yang M, Hu D, Ding Q, Fei YJ, 2016. Resource situation, research status and development utilization prospects of *Machilus* Nees main tree species. *Journal of Yangtze University* (*Natural Science Edition*), 13(3): 13–17. [徐振东, 杨曼, 胡蝶, 丁琼, 费永俊, 2016. 润楠属主要树种的资源状况、研究现状和开发利用前景. 长江大学学报(自科版), 13(3): 13–17.]

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.]

Zhang JK, Hu KY, Zhang GX, Fan LH, Feng Y, Wang C, Wen XJ, Ma T, 2020. Observation of emergence rhythm and reproductive behavior of *Cricula variabilis*: A insect pest of *Machilus chinensis*. *Forest Research*, 33(6): 23–31. [张锦坤, 胡可炎, 张国祥, 范凌华, 冯莹, 王偲, 温秀军, 马涛, 2020. 中华润楠食叶新害虫：异斑酷大蚕蛾羽化节律与生殖行为观察. 林业科学研究, 33(6): 23–31.]

Zhu JH, Zhang FP, Ren HG, 2005. Development and nutrition of *Prodenia litura* on four food plants. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(6): 643–646. [朱俊洪, 张方平, 任洪刚, 2005. 四种食料植物对斜纹夜蛾生长发育及营养指标的影响. 昆虫知识, 42(6): 643–646.]

Zhuang XY, Wang T, Zhen RD, Huang JC, 2002. Floristic diversity of major forest communities in Zengcheng city, Guangdong province. *Forest Research*, 32(2): 182–189. [庄雪影, 王通, 甄荣东, 黄坚城, 2002. 增城市主要森林群落植物多样性研究. 林业科学研究, 32(2): 182–189.]