环境昆虫学报 2021，43（1）：31－39
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2021. 01. 4

闫家河，夏明辉，刘焕秀，王晓燕，杨启萌，柏鲁林，武海卫. 白蜡外齿茎蜂幼虫龄数和龄期测定［J］. 环境昆虫学报，2021，43（1）：31－39.

# 白蜡外齿茎蜂幼虫龄数和龄期测定

闫家河[1]，夏明辉[2]，刘焕秀[3]，王晓燕[4]，杨启萌[1]，柏鲁林[5]，武海卫[3*]
（1. 商河县森林保护站，山东商河 251600；2. 济南市森林保护站，济南 250099；3. 山东省林业科学研究院，济南 250014；
4. 济南市园林花卉苗木培育中心，济南 250099；5. 商河县林业站，山东商河 251600）

**摘要：** 为掌握白蜡外齿茎蜂 *Stenocephus fraxini* 幼虫的龄数和发育历期，本文测量了幼虫体长、头宽、体宽（胸部第 3 节）、尾铗长和尾铗基径宽等 5 项指标。经频次分布和回归分析，结果表明：白蜡外齿茎蜂幼虫可分 5 龄。头宽和尾铗基径宽均可作为分龄指标。各龄头宽值分别为：0. 414 ±0. 002、0. 526 ±0. 002、0. 713 ±0. 005、1. 003 ±0. 006、1. 398 ±0. 010 mm；尾铗基径宽值分别为：0. 060 ±0. 001、0. 095 ±0. 001、0. 150 ±0. 002、0. 231 ±0. 002、0. 344 ±0. 005 mm。1～5 龄幼虫平均龄期分别为 2. 5、3. 5、5、8、40 d，整个幼虫历期约 50～70 d，平均 60 d 左右。

**关键词：** 白蜡外齿茎蜂；幼虫；龄数；龄期；头宽；尾铗基径
**中图分类号：** Q968. 1；S433　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1674－0858（2021）01－0031－09

## Measurement of larval instars and stadia of *Stenocephus fraxini* larva

YAN Jia-He[1], XIA Ming-Hui[2], LIU Huan-Xiu[3], WANG Xiao-Yan[4], YANG Qi-Meng[1], BAI Lu-Lin[5], WU Hai-Wei[3*]（1. Shanghe Forest Protection Station, Shanghe 251600, Shandong Province, China; 2. Jinan Forest Protection Station, Jinan 250099, China; 3. Shandong Academy of Forestry, Jinan 250014, China; 4. Jinan Cultivation Center of Flower and Seedling of Landscape Architecture, Jinan 250099, China; 5. Shanghe Forest Station, Shanghe 251600, Shandong Province, China）

**Abstract:** In order to determine the number of larval instars and stadia of *Stenocephus fraxini*, the body length, head width, body width（3rd segment of thorax）, forceps length and forceps basal width of the larva of *S. fraxini* were measured. According to the frequency distribution and regression analysis, the results showed that larvae of *S. fraxini* had 5 instars. Head width and forceps basal width could be variable for the distinguishment of larval instars. Head width of each instars larvae were 0. 414 ±0. 002, 0. 526 ±0. 002, 0. 713 ±0. 005, 1. 003 ±0. 006 and 1. 398 ±0. 010, respectively, and their forceps basal width were 0. 060 ±0. 001, 0. 095 ±0. 001, 0. 150 ±0. 002, 0. 231 ±0. 002 and 0. 344 ±0. 005, respectively. The average stadia of 1～5 instar were 2. 5, 3. 5, 5, 8 and 40 d, respectively. The development duration of the larva of *S. fraxini* was about 50～70 d, with an average of 60 d.

**Key words:** *Stenocephus fraxini*; larva; age class; duration; head width; forceps basal width

**资金项目：** 山东省重点研发计划项目（2017GNC11102）；山东省农业科技资金（林业科技创新）项目（2019LY003）
**作者简介：** 闫家河，男，山东商河人，应用研究员，主要研究方向为林业有害生物监测防治研究，E－mail：yjh3632@163. com
* **通讯作者** Author for correspondence：武海卫，男，博士，正高级工程师，主要研究方向为林业有害生物防治技术研究，E－mail：haiweiw@126. com
**收稿日期** Received：2020－02－14；**接受日期** Accepted：2020－04－01

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

白蜡外齿茎蜂 *Stenocephus fraxini* Wei 是危害白蜡树 *Fraxinus* spp. 枝梢的重要钻蛀性害虫（Wei *et al.*，2015；桂炳中等，2018；闫家河等，2018 a；闫家河等，2018 b；）。成虫将卵产于梢茎和复叶叶轴茎内，幼虫孵化后即蛀入髓心危害，致使被害部位的复叶青枯萎蔫，影响绿化美化景观效果。

幼虫龄数及各龄发育历期是确定防治时期的关键因子，也是该虫生物学的重要研究内容。Dyar 研究发现幼虫某个部位的长宽度随着龄期增长呈一定几何数学关系，通过 Dyar 法则可推断幼虫龄期（彩万志和庞雄飞，2001）。基于此，王小艺等（2005）认为尾叉长度和口缘宽度是白蜡窄吉丁 *Agrilus planipennis* Fairmaire 幼虫龄期划分的最佳指标，钩长和咽骨长则常用作枣实蝇 *Carpomya vesuviana* 龄期划分的依据（胡陇生等，2012）。蛾类幼虫则常用头壳宽度作为龄期划分的重要指标（孙艳娟等，2009）。本文拟通过测定白蜡外齿茎蜂幼虫体长、头宽、体宽、尾铗长及尾铗基径宽 5 项指标，以期得到区分和判定幼虫虫龄的最佳形态特征及指标。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料仪器

体视显微镜（OLYMPUS-SZX7-1063）、CCD 成像系统（北京斯内克创新科技有限公司生产）等。

### 1.2 幼虫采集与体值测量

2017－2018 年 4 月中下旬成虫高峰期过后、幼虫初孵化起，选择山东省济南市商河县城青年路、商中路、商展路、彩虹路、县林业局及县教体局院内等处的白蜡树 *Fraxinus* spp.（美国红梣 *F. pennsylvanica*、绒毛白蜡 *F. velutina*、美国白梣 *F. americana* 等），每隔 1 ~ 3 d 剪取 1 a 生新梢、复叶叶轴进行剖检，每批次取幼虫 6 ~ 92 头不等，在体视显微镜下用自动测量软件，测量幼虫的体长（头部至尾铗末端）、头宽、体宽（胸部第 3 节）（图 1）、尾铗长（尾铗端部至基部）和尾铗基径宽（尾铗基部与腹末相接处的尾铗直径或两侧宽度值）（图 2）共 5 个数值；幼虫危害中后期直至老熟、进入预蛹期，每隔 6 ~ 10 d 在上述地点取白蜡树 1 a 生枝梢，继续测量上述 5 个数值。试验共测量 803 头计 2 608 头次，测定过程中记录好显微镜的放大倍数（目镜 10 ×、物镜1 ×，总放大倍数 8 ~ 56 倍；统一在标定的 12.5 × 下测量，部分同时在 25 ~ 56 × 下测量），统计分析前对测定结果进行校正。

### 1.3 幼虫龄数的确定

采用频次分布法、戴氏法则和 Crosby 生长法则，应用 Brooks 指数、Crosby 指数以及线性回归来确定白蜡外齿茎蜂最佳龄数划分（万喻等，2015；李小敏等，2017）。

计算公式如下：

Brooks 指数 = $X_n / X_{n-1}$；

Crosby 指数 = $(b_n - b_{n-1}) / b_{n-1}$；

式中：$X_n$ 和 $X_{n-1}$ 分别指第 $n$ 龄幼虫和第 $n-1$ 龄幼虫所测指标的均值；$b_n$ 和 $b_{n-1}$ 分别指第 $n$ 和第 $n-1$ 个 Brooks 指数。

### 1.4 幼虫龄期的确定

2015－2018 年，本试验自幼虫孵化初期至老熟休眠期（咬食完预羽化孔、作好蛹室）持续剖检枝条、测量幼虫，根据 1.3 的测定结果，测算各龄幼虫的龄期。

### 1.5 数据分析

采用 SPSS Statistics 17.0 和 Microsoft Excel 2013 等软件，对白蜡外齿茎蜂幼虫的体长、头宽、体宽、尾铗长、尾铗基径宽各项指标计算均值、标准偏差，进行频次统计、回归分析和制图。

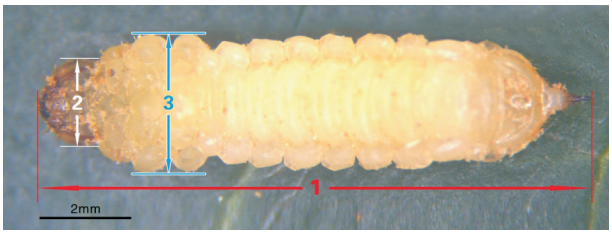



图 1 幼虫体长、头宽、体宽测量示意图

Fig. 1 Measurement diagram of body length, head width and body width of the larvae

注：1，体长；2，头宽；3，体宽（胸部第 3 节）。

Note: 1, Body length; 2, Head width; 3, Body width (3rd segment of thorax).

## 2 结果与分析

### 2.1 白蜡外齿茎蜂幼虫龄数的确定

#### 2.1.1 频次分布统计

对白蜡外齿茎蜂各龄幼虫的体长、头宽、体

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

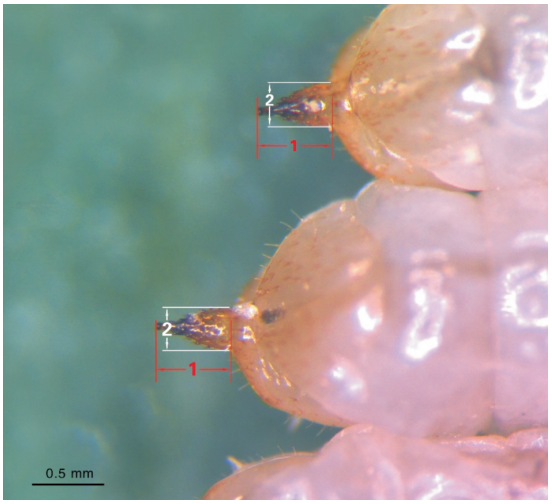



**图 2　幼虫尾铗长、尾铗基径宽测量示意图**

Fig. 2　Measurement diagram of forceps length and forceps basal width of the larvae

**注：1，尾铗长；2，尾铗基径宽。** Note: 1, Forceps length; 2, Forceps basal width.

**宽、尾铗长、尾铗基径宽 5 项指标测定值频次分布统计分析结果显示：体长（图 3）、体宽（图 5）和尾铗长（图 6）频次分布集中区域分布不明显，且 Crosby 指数有的大于 10%（表 1），不适宜作为分龄指标（刘永华等，2014）。而头宽（图 4）和尾铗基径宽（图 7）都出现了 5 个相对明显的集中分布区，且头宽和尾铗基径宽 Crosby 指数均小于 10%（表 1），初步判定头宽和尾铗基径宽为划分幼虫龄数的主要指标。根据频次分布一个频次分布集中的区域对应一个幼虫龄数的原则（Hunt and Chapman，2001），可将白蜡外齿茎蜂幼虫划分为 5 龄。1 ~ 5 龄幼虫的头宽值分别为 0.414 ± 0.002 mm、0.526 ± 0.002 mm、0.713 ± 0.005 mm、1.003 ± 0.006 mm、1.398 ± 0.010 mm，尾铗基径宽值分别为 0.060 ± 0.001 mm、0.095 ± 0.001 mm、0.150 ± 0.002 mm、0.231 ± 0.002 mm、0.344 ± 0.005 mm。**

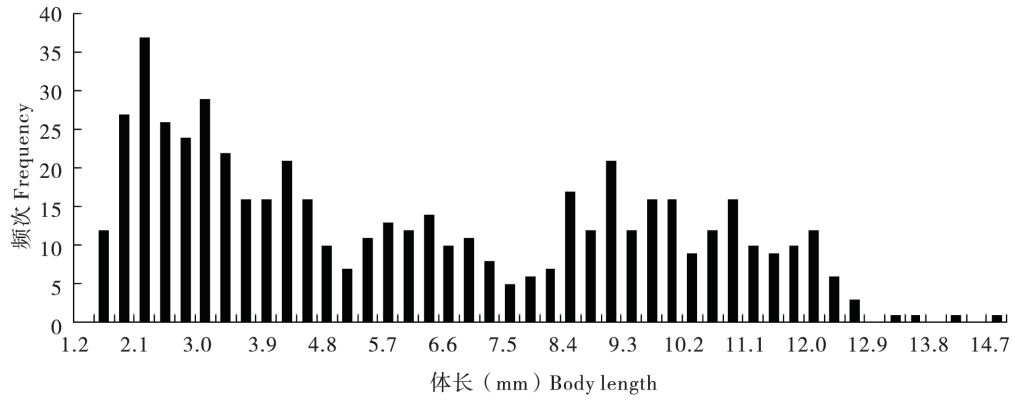



**图 3　白蜡外齿茎蜂幼虫体长频次分布图**

Fig. 3　Frequency distribution of the body length of *Stenocephus fratini* larvae

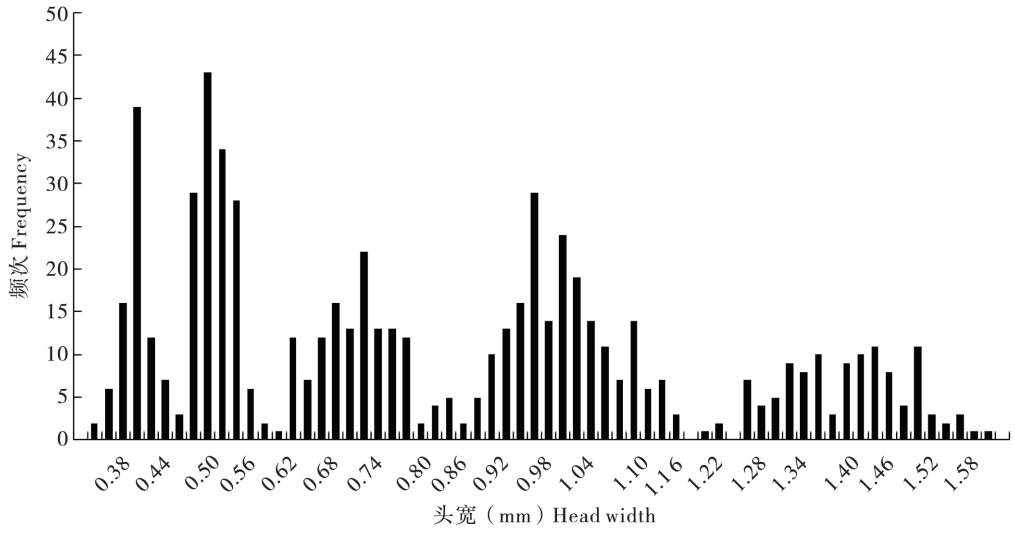



**图 4　白蜡外齿茎蜂幼虫头宽频次分布图**

Fig. 4　Frequency distribution of the head width of *Stenocephus fratini* larvae

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

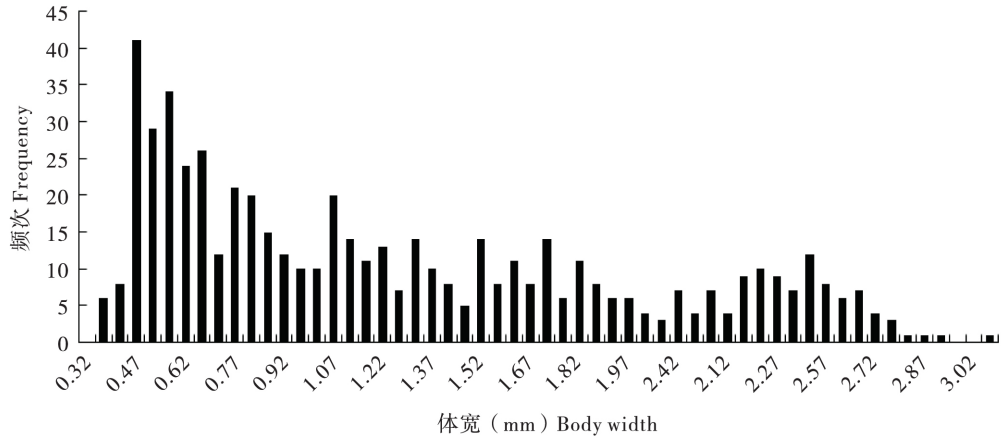



**图 5 白蜡外齿茎蜂幼虫体宽频次分布图**

Fig. 5 Frequency distribution of the body width of *Stenocephus fratini* larvae

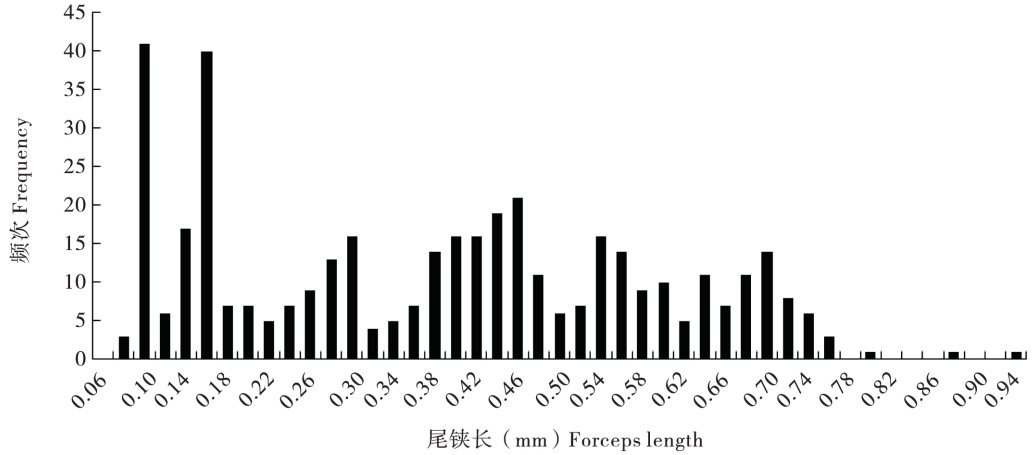



**图 6 白蜡外齿茎蜂幼虫尾铗长频次分布图**

Fig. 6 Frequency distribution of the forceps length of *Stenocephus fratini* larvae

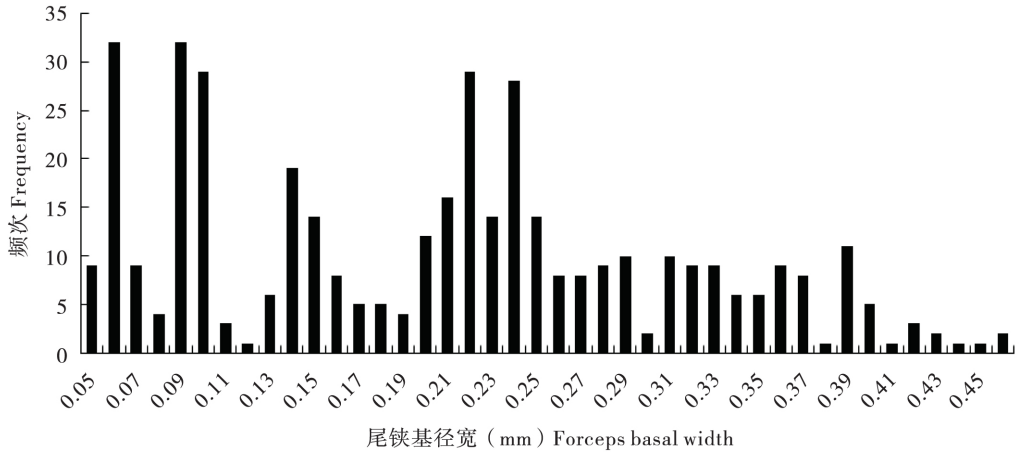



**图 7 白蜡外齿茎蜂幼虫尾铗基径宽频次分布图**

Fig. 7 Frequency distribution of the forceps basal width of *Stenocephus fratini* larvae

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　白蜡外齿茎蜂幼虫 5 项分龄指标测量值的统计参数

Table 1　Statistical parameters of the five age indexes of the larva of *Stenocephus fraxini*

| 指标 Indexes | 虫龄 Instars | 范围 Range | 样本数 Number of samples | 均值 ± 标准误(mm) Mean ± SE | 标准差 Standard deviation | 均值的 95% 置信区间 95% confidence interval of mean | | Brooks 指数 Brooks index | Crosby 指数 Crosby index |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 上限 Upper limit | 下限 Lower limit | | |
| 体长 Body length | 1 龄 1st instar | 1.23 ~ 2.79 | 76 | 1.878 ± 0.043 e | 0.38 | 1.79 | 1.96 | | |
| | 2 龄 2nd instar | 1.51 ~ 5.17 | 133 | 2.951 ± 0.066 d | 0.76 | 2.82 | 3.08 | 1.57 | |
| | 3 龄 3rd instar | 2.76 ~ 7.01 | 92 | 4.834 ± 0.110 c | 1.06 | 4.61 | 5.05 | 1.64 | 0.04 |
| | 4 龄 4th instar | 4.32 ~ 11.83 | 138 | 8.156 ± 0.127 b | 1.50 | 7.90 | 8.41 | 1.69 | 0.03 |
| | 5 龄 5th instar | 7.74 ~ 14.57 | 106 | 10.698 ± 0.125 a | 1.28 | 10.45 | 10.95 | 1.31 | −0.22 |
| 头宽 Head width | 1 龄 1st instar | 0.36 ~ 0.46 | 82 | 0.414 ± 0.002 e | 0.02 | 0.41 | 0.42 | | |
| | 2 龄 2nd instar | 0.48 ~ 0.59 | 145 | 0.526 ± 0.002 d | 0.02 | 0.52 | 0.53 | 1.27 | |
| | 3 龄 3rd instar | 0.61 ~ 0.82 | 126 | 0.713 ± 0.005 c | 0.05 | 0.70 | 0.72 | 1.36 | 0.07 |
| | 4 龄 4th instar | 0.83 ~ 1.18 | 194 | 1.003 ± 0.006 b | 0.08 | 0.99 | 1.01 | 1.41 | 0.04 |
| | 5 龄 5th instar | 1.04 ~ 1.61 | 118 | 1.398 ± 0.010 a | 0.11 | 1.38 | 1.42 | 1.39 | −0.01 |
| 体宽 Body width | 1 龄 1st instar | 0.33 ~ 0.57 | 74 | 0.453 ± 0.005 e | 0.05 | 0.44 | 0.46 | | |
| | 2 龄 2nd instar | 0.44 ~ 0.89 | 124 | 0.625 ± 0.008 d | 0.09 | 0.61 | 0.64 | 1.38 | |
| | 3 龄 3rd instar | 0.66 ~ 1.31 | 94 | 0.946 ± 0.016 c | 0.16 | 0.91 | 0.98 | 1.52 | 0.10 |
| | 4 龄 4th instar | 0.73 ~ 2.88 | 169 | 1.485 ± 0.024 b | 0.31 | 1.44 | 1.53 | 1.57 | 0.04 |
| | 5 龄 5th instar | 1.81 ~ 3.05 | 109 | 2.385 ± 0.023 a | 0.24 | 2.34 | 2.43 | 1.61 | 0.02 |
| 尾铗长 Forceps length | 1 龄 1st instar | 0.07 ~ 0.11 | 50 | 0.096 ± 0.001 e | 0.01 | 0.09 | 0.10 | | |
| | 2 龄 2nd instar | 0.13 ~ 0.20 | 68 | 0.155 ± 0.002 d | 0.01 | 0.15 | 0.16 | 1.62 | |
| | 3 龄 3rd instar | 0.20 ~ 0.37 | 58 | 0.272 ± 0.005 c | 0.04 | 0.26 | 0.28 | 1.76 | 0.09 |
| | 4 龄 4th instar | 0.28 ~ 0.63 | 133 | 0.442 ± 0.006 b | 0.07 | 0.43 | 0.45 | 1.62 | −0.08 |
| | 5 龄 5th instar | 0.40 ~ 0.94 | 105 | 0.636 ± 0.009 a | 0.09 | 0.62 | 0.65 | 1.44 | −0.12 |
| 尾铗基径宽 Forceps basal width | 1 龄 1st instar | 0.05 ~ 0.07 | 50 | 0.060 ± 0.001 e | 0.01 | 0.06 | 0.06 | | |
| | 2 龄 2nd instar | 0.08 ~ 0.11 | 68 | 0.095 ± 0.001 d | 0.01 | 0.09 | 0.10 | 1.58 | |
| | 3 龄 3rd instar | 0.12 ~ 0.18 | 58 | 0.150 ± 0.002 c | 0.01 | 0.15 | 0.15 | 1.58 | 0.01 |
| | 4 龄 4th instar | 0.19 ~ 0.29 | 133 | 0.231 ± 0.002 b | 0.02 | 0.23 | 0.24 | 1.54 | −0.03 |
| | 5 龄 5th instar | 0.23 ~ 0.46 | 105 | 0.344 ± 0.005 a | 0.05 | 0.33 | 0.35 | 1.49 | −0.04 |

注：同一指标均值后不同的字母表示不同龄数之间存在显著差异（$P < 0.05$）。Note：Different letters following mean values within variables showed the significant difference between instars（$P < 0.05$）.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

### 2.1.2 回归分析

对白蜡外齿茎蜂各龄幼虫的体长、头宽、体宽、尾铗长、尾铗基径宽 5 项指标和龄数进行线性和指数回归分析（表 2），结果表明，各项指标的线性关系、指数关系与幼虫龄数存在极显著相关关系（$P<0.0001$），表明幼虫分为 5 龄是合理的；其中指数模型决定系数最大，二次线性和直线模型决定系数较小。由表 2 还可以看出，幼虫头宽和尾铗基径宽测量值与幼虫龄数的决定系数明显优于幼虫体长、体宽、尾铗长测量值与幼虫龄数的决定系数，即头宽和尾铗基径宽可作为划分白蜡外齿茎蜂的主要指标。由图 8 可以看出，白蜡外齿茎蜂幼虫各测量值的平均值自然对数与幼虫龄数存在极显著线性关系（$P<0.0001$），且尾铗基径宽与龄数的决定系数（$R^2=0.9991$）最大，头宽与龄数的决定系数（$R^2=0.9957$）次之，明显优于体长、体宽、尾铗长，这进一步验证了头宽和尾铗基径宽可作为划分白蜡外齿茎蜂幼虫龄数的主要指标，根据头宽和尾铗基径宽将白蜡外齿茎蜂幼虫分为 5 龄是合理的。

表 2 白蜡外齿茎蜂 5 种形态结构测量值回归方程及决定系数

Table 2 Regression equation and coefficient of determination of the five age indexes of the larva of *Stenocephus fraxini*

| 指标 Indexes | 拟合模型 Fitting model | 回归方程 Regression equation | 决定系数 $R^2$ Coefficient of determination $R^2$ | 显著水平 $P$ Significance level $P$ |
|---|---|---|---|---|
| 体长 Body length | 直线 Linear | $y=-1.386+2.35x$ | 0.869 | <0.0001 |
| | 二次 Quadratic | $y=0.830+0.555x+0.293x^2$ | 0.887 | <0.0001 |
| | 指数 Exponential | $y=1.181e^{0.456x}$ | 0.891 | <0.0001 |
| 头宽 Head width | 直线 Linear | $y=0.048+0.25x$ | 0.913 | <0.0001 |
| | 二次 Quadratic | $y=0.416-0.045x+0.048x^2$ | 0.961 | <0.0001 |
| | 指数 Exponential | $y=0.288e^{0.311x}$ | 0.968 | <0.0001 |
| 体宽 Body width | 直线 Linear | $y=-0.297+0.482x$ | 0.831 | <0.0001 |
| | 二次 Quadratic | $y=0.632-0.268x+0.123x^2$ | 0.904 | <0.0001 |
| | 指数 Exponential | $y=0.274e^{0.422x}$ | 0.918 | <0.0001 |
| 尾铗长 Forceps length | 直线 Linear | $y=-0.107+0.142x$ | 0.878 | <0.0001 |
| | 二次 Quadratic | $y=0.062+0.006x+0.022x^2$ | 0.906 | <0.0001 |
| | 指数 Exponential | $y=0.061e^{0.479x}$ | 0.951 | <0.0001 |
| 尾铗基径宽 Forceps basal width | 直线 Linear | $y=-0.045+0.073x$ | 0.885 | <0.0001 |
| | 二次 Quadratic | $y=0.058-0.009x+0.013x^2$ | 0.925 | <0.0001 |
| | 指数 Exponential | $y=0.040e^{0.436x}$ | 0.966 | <0.0001 |

### 2.2 白蜡外齿茎蜂幼虫的龄期

根据 2015－2018 年连续 4 年的不同时期各龄幼虫所占比例，推算各龄幼虫龄期大致如下。

1 龄幼虫 2～3 d，平均 2.5 d；2 龄幼虫 3～4 d，平均 3.5 d；3 龄幼虫 4～7 d，平均 5 d；4 龄幼虫 6～10 d，平均 8 d；5 龄幼虫 35～50 d，平均 40 d。从孵化至老熟，整个幼虫历期 50～70 d，平均 60 d 左右。幼虫历期与气温、同枝条内幼虫数量及营养均有一定关系。

成虫高峰期之后约 10 d，幼虫大量孵化。前 2 龄幼虫历期很短，只有 5～7 d，头壳皮及虫蜕混杂于梢茎或复叶叶轴茎蛀道内的虫粪及碎屑中；第 4～5 龄幼虫历期较长，尤其第 5 龄幼虫达 35～45 d，远高于前 4 龄历期之和，显示该幼虫发育历期较为特殊。

根据历年测量结果及野外调查，4 月下旬，幼虫普遍进入 4 龄期；4 月下旬末至 5 月上旬初，幼虫普遍开始进入 5 龄；5 月中旬至 6 月上中旬为 5 龄幼虫蛀食危害最甚期，而此期也正是幼虫倒蛀型危害方式所致寄主落叶盛期，显示 5 龄幼虫发育进度与危害盛期高度契合。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

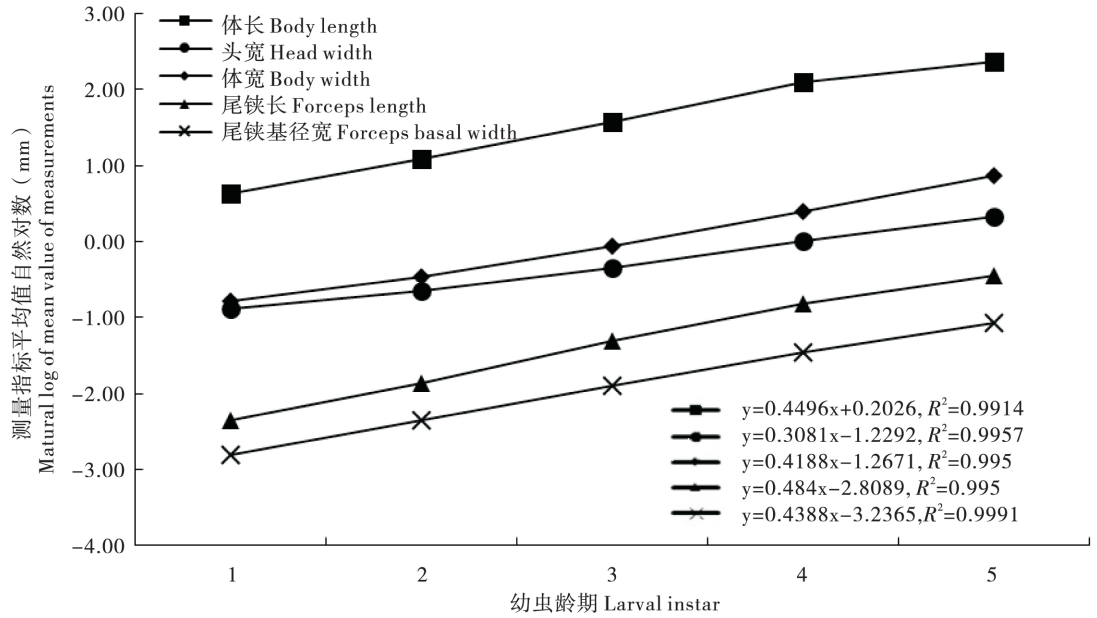



**图 8　白蜡外齿茎蜂幼虫体长、头宽、体宽、尾铗长及尾铗基径宽平均值的自然对数与虫龄的回归关系**

Fig. 8　The regression relationship between the natural logarithm of the mean and instars of *Stenocephus fraxini* larva

## 3　结论与讨论

### 3.1　幼虫龄数

研究表明，茎蜂科的灰翅麦茎蜂 *Cephus fumipennis* Eversmann 幼虫有 5 龄（吴秀花等，2016），也有报道为 4 龄（祈乐民等，1995）；梨茎蜂 *Janus piri* Okanota *et* Muramatsu 幼虫有 8 龄（陈东华等，1994）。同时，膜翅目其他科幼虫也多有雌雄不同龄数现象，如中华厚爪叶蜂 *Stauronematus sinicus* Liu，Li & Wei 雄虫 4 龄，雌虫 5 龄（闫家河等，2018 c）；杨黑点叶蜂 *Pristophora conjugata* Dahlbom 雄虫 5 龄，雌虫 6 龄（范丽清，2008）。本研究通过测定白蜡外齿茎蜂幼虫体长、头宽、体宽、尾铗长和尾铗基径宽 5 项指标，确定白蜡外齿茎蜂幼虫共 5 龄，头宽值和尾铗基径宽值可作为龄数划分的主要指标，与 Dyar 法则相一致。在不同环境条件下，幼虫的生理状况会出现明显差异，从而导致幼虫的体长和体宽变化较大，再者尾铗长度测量难度较大，且 Crosby 指数均出现大于 10%，因此体长、体宽和尾铗长均不宜作为龄数划分的指标和依据。

本文依据不同时段幼虫发育进度，依次进行测量。自幼虫孵化之初便持续测量幼虫头宽、尾铗基径等 5 个数值，并在蛀道内发现和测量部分头壳皮及虫蜕（尾铗基径宽），进一步明晰了幼虫龄数。另外，本试验还通过测定雌雄成虫头宽（分别平均为 1. 84 mm、1. 61 mm），发现其最大值与最小值（2. 14/1. 24）相差悬殊；其末龄幼虫头宽值平均 1. 40 mm 也相应差距很大。通过测量老熟幼虫、预蛹并按其头宽值分为大、中、小 3 级分别饲养至蛹和成虫，结合持续测量结果，推测雌雄幼虫龄数可能相同。饲养 224 头预蛹，头宽值≥1. 41 mm，均为雌虫；头宽值≤1. 20 mm，均为雄虫；头宽值介于 1. 21 ~ 1. 30 mm，约 10% 为雌虫、90% 为雄虫；头宽值介于 1. 31 ~ 1. 40 mm，约 55% 为雌虫、45% 为雄虫。也即雄性幼虫头宽值介于 1. 04 ~ 1. 40 mm，雌性幼虫头宽值介于1. 20 ~ 1. 61 mm。

需要指出，少数个体，主要是体型较大的 4 龄幼虫与体型较小的 5 龄幼虫，或者部分雌性 4 龄幼虫与部分雄性 5 龄幼虫，如果两者相混杂、同批出现，依据现有头宽值和尾铗基径值则难以准确界定，只能根据幼虫发育和危害时段，大致进行区分。

### 3.2　幼虫龄期

根据幼虫测量结果及不同阶段各龄幼虫所占比例，测算 1 ~ 5 龄幼虫平均龄期分别为约 2. 5 d、3. 5 d、5 d、8 d、40 d。商河县从 4 月 20 日左右开始孵化至 6 月下旬、7 月上中旬幼虫大部分老熟，整个幼虫历期 50 ~ 70 d，平均 60 d 左右。

对于隐蔽性害虫幼虫龄期的测算，应用“种

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

群众数龄期”测算法较为适宜。但由于本项研究侧重于龄数的确定，调查时期不十分连贯、个别虫龄过于集中、虫龄有所选择等，采集数据不便于应用“种群众数龄期”法进行统计分析，只能根据测量结果和发育进度大致估测。各龄历期的精确值，有待今后进行科学的调查与统计。

调查中发现，在商河县，6 月下旬至 8 月初（多为 6 月下旬至 7 月中旬）白蜡外齿茎蜂大多以老熟幼虫滞育或休眠越夏，少量近老熟幼虫待 8 – 9 月高温过后，9 – 11 月间仍可略微活动、取食，或者继续啃食木质部作此前未完成的预羽化孔（闫家河等，2018 b）。因此，这部分 5 龄幼虫的龄期会大大延长，或可达到甚至超 80 ~ 90 d。另外，部分 9 – 10 月后仍继续在枝条内活动的部分近老熟幼虫（体型呈 S 状），不能排除有的系被天敌昆虫产卵寄生，可能因条件不适或时机不到，而未发育出天敌幼虫（闫家河等，2018 b）；2020 年 3 月剖检 3 头 S 状老熟幼虫，发现其体内均有已死亡或发育不良的天敌幼虫，为没有正常变态的这部分幼虫可能被寄生提供了佐证。目前已基本明确，在沈阳地区，10 月中下旬气温降至 0℃ 以下后，美国红栌和花曲柳 *F. chinensis subsp. rhynchophylla*（Hance）枝条髓部被何氏双短姬蜂 *Bicurta hejunhuai* Liu，Yan & Broad（Liu *et al.*，2019）寄生的白蜡外齿茎蜂幼虫仍呈微弱活动的 S 状，直至其体内的姬蜂幼虫完全脱出而死亡；而未被寄生的白蜡外齿茎蜂幼虫，则在低温作用下快速变态为不动不食、头胸相对分离、虫体平直的预蛹（闫家河等，2018 b），幼虫的两种形态较易辨别。

明确幼虫的龄数和龄期，是昆虫生物学特性研究的基本要求，也是确定幼虫防治时机的重要依据。白蜡外齿茎蜂幼虫 3 龄前危害较轻，进入 4 ~ 5 龄后除蛀害枝梢髓部外，还蛀食复叶叶轴基部的营养组织，造成大量复叶青枯、干枯脱落（闫家河等，2018 a）。本研究测定表明，测量幼虫的头宽及尾铗基径宽，可基本确定幼虫龄数，生产上抓住 3 ~ 4 龄前有利时机尤其 1 ~ 2 龄期及时进行防治，可取得良好防效。

**致谢**：商河县森林保护站王涛、王晶、王登利等帮助进行试验调查，特致谢意！

## 参考文献（References）


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

Chen DH，Xiong GH，Yu JQ. Bionomics and control of *Janus piri* [J]. *Jiangxi Agricultural Science & Technology*，1994，5：32 – 33. [陈东华，熊冠华，余敬泉. 梨茎蜂的生物学特性及防治 [J]. 江西农业科技，1994，5：32 – 33]

Fan LQ. Larval instars and duration of *Pristophora conjugate* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*，2008，45（1）：144 – 145. [范丽清. 杨黑点叶蜂幼虫龄数和龄期 [J]. 昆虫知识，2008，45（1）：144 – 145]

Gui BZ，Wang YL，Yang HW，*et al.* Occurrence and integrated control of *Stenocephus fraxini* in Renqiu City [J]. *Forest Science and Technology*，2018，7：42 – 43. [桂炳中，王谊玲，杨红卫，等. 任丘市白蜡外齿茎蜂的发生与综合防治 [J]. 林业科技通讯，2018，7：42 – 43]

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

Hunt G，Chapman RE. Evaluating hypotheses of instargrouping in arthropods：A maximum likelihood approach [J]. *Paleobiology*，2001，27（3）：466 – 484.

Li XM，Liu JA，Ouyang BW，*et al.* Morphological characteristics and determination of *Meroctena tullalis* larval instars [J]. *Plant Protection*，2017，43（3）：136 – 142. [李小敏，刘君昂，欧阳博文，等. 短梳角野螟的形态描述及幼虫虫龄判断 [J]. 植物保护，2017，43（3）：136 – 142]

Liu JX，Yan JH，Broad GR. A new species of *Bicurta* Sheng *et al.* from China（Hymenoptera，Ichneumonidae，Collyriinae），a parasitoid of *Stenocephus fraxini* Wei（Hymenoptera，Cephidae）[J]. *Journal of Hymenoptera Research*，2019，74：93 – 104.

Liu YH，Zhang YQ，Yan XF，*et al.* Determination of the larval instars of *Trabala vishnou gigantina* Yang（Lepidoptera：Lasiocampidae）[J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*，2014，51（5）：1343 – 1349. [刘永华，章一巧，阎雄飞，等. 栎黄枯叶蛾幼虫龄数的确定 [J]. 应用昆虫学报，2014，51（5）：1343 – 1349]

Qi LM，Zhang CJ，Cen L，*et al.* Study on biological habitis and integrated control of *Cephus fumipennis* Eversmann [J]. *China Plant Protection*，1995，5：6 – 7. [祈乐民，张长江，陈琳，等. 烟翅麦茎蜂生活习性与综合防治研究 [J]. 植保技术与推广，1995，5：6 – 7]

Sun YJ，Wei JY，Yang ZD，*et al.* Division of larval instars of the *Buzura suppressaria* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*，2009，46（6）：892 – 895. [孙艳娟，韦金英，杨振德，等. 油桐尺蠖幼虫龄期的划分 [J]. 昆虫知识，2009，46（6）：892 – 895]

Wan Y，Liu TH，Wang JJ，*et al.* Identification of the larval instars of the *Depressaria falkovitshi* Lvovsky（Lepidoptera：Elachistidae：Depressariinae）[J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*，2015，52（6）：1491 – 1495. [万喻，刘廷辉，王静静，等. 法氏柴胡宽蛾幼虫龄期的划分 [J]. 应用昆虫学报，2015，52（6）：1491 – 1495]


(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

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

Wei MC, Niu GY, Yan JH. Review of *Stenocephus* Shinohara (Hymenoptera: Cephidae) with description of a new species from China [J]. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 2015, 117 (4): 508 – 518.

Wu XH, Carcamo AH, Pang BP. Aduanes in wheat stem sawflies [J]. *Plant Protection*, 2016, 42 (4): 18 – 26. [吴秀花, Carcamo A. Hector, 庞保平. 麦茎蜂研究进展 [J]. 植物保护, 2016, 42 (4): 18 – 26]

Yan JH, Yang QM, Xia MH, *et al*. Preliminary study on the occurrence and damage of *Stenocephus fraxini* [J]. *Forest Pest and Disease*, 2018a, 37 (6): 1 – 5. [闫家河, 杨启萌, 夏明辉, 等. 白蜡外齿茎蜂发生危害初步研究 [J]. 中国森林病虫, 2018a, 37 (6): 1 – 5]

Yan JH, Zhao Y, Bian XY, *et al*. Observation on morphological and biological characteristics of *Stenocephus fraxini* Wei [J]. *Forest Pest and Disease*, 2018b, 37 (5): 5 – 10. [闫家河, 赵燕, 卞晓阳, 等. 白蜡外齿茎蜂形态与生物学特性观察 [J]. 中国森林病虫, 2018b, 37 (5): 5 – 10]

Yan JH, Zhou XZ, Wang AZ, *et al*. Biological characteristics of *Stauronematus* sp. and control suggestion [J]. *Forest Pest and Disease*, 2018c, 37 (1): 15 – 20. [闫家河, 周希政, 王爱珍, 等. 杨树新害虫——中华厚爪叶蜂生物学特性及防治建议 [J]. 中国森林病虫, 2018c, 37 (1): 15 – 20]

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net