

栎黄枯叶蛾幼虫龄数的确定*

刘永华^{1, 2**} 章一巧³ 阎雄飞² 郑永贵⁴ 陆鹏飞¹ 宗世祥¹ 骆有庆^{1***}

(1. 北京林业大学省部共建森林培育与森林保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 榆林学院生命科学学院, 榆林 719000;
3. 上海市绿化管理指导站, 上海 200020; 4. 陕西吴起县林业站, 吴起 717600)

摘 要 【目的】为明确栎黄枯叶蛾 *Trabala vishnou gigantina* Yang 幼虫的发育状况, 以便进行预测预报及采取防治措施。【方法】通过野外采样获取不同发育状态的栎黄枯叶蛾幼虫, 对其头壳宽度, 体长, 体宽, 额宽, 上颚基部宽和单眼间距 6 项形态指标进行测量, 利用 Crosby 生长法则和线性回归方法, 推断栎黄枯叶蛾幼虫的龄数。【结果】栎黄枯叶蛾幼虫有 7 龄, 头壳宽度为最佳分龄结构。单眼间距、额宽和上颚宽 3 项指标均可作为分龄的辅助手段, 体长和体宽变异较大, 不宜用作幼虫龄数划分。【结论】研究结果为生产上合理防治该害虫提供了参考依据。

关键词 栎黄枯叶蛾, 幼虫, 形态特征, 龄数, Grosby 指数, Brooks 指数

Determination of the larval instars of *Trabala vishnou gigantina* Yang (Lepidoptera: Lasiocampidae)

LIU Yong-Hua^{1, 2**} ZHANG Yi-Qiao³ YAN Xiong-Fei² ZHENG Yong-Gui⁴ LU Peng-Fei¹
ZONG Shi-Xiang¹ LUO You-Qing^{1***}

(1. Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
2. College of Life Sciences, College of Yulin, Yulin 719000, China; 3. Station of Afforestation Mangement and Direction of Shanghai, Shanghai 200020, China; 4. Station of Forestry of Wuqi County in Shannxi, Wuqi 717600, China)

Abstract [Objectives] To determine the development of *Trabala vishnou gigantina* Yang larva, and thereby provide a foundation for the forecasting and scientific management of this pest. [Methods] The number of larval instars was determined using coefficient of variation and Crosby ratio through field sampling, during which larvae at different developmental stages were collected and six morphological variables, including head capsule width, body length, body width, were measured. [Results] The larval stage was comprised of seven instars and head capsule width was the best diagnostic feature for identifying larval stage. Three other variables; distance between simple eyes, cranial width and mandible width, could also be used to identify of larval instars, but body length and body width were too variable to reliably identify instars. [Conclusion] These findings provide valuable information for the rational control of *T. v. gigantina*.

Key words *Trabala vishnou gigantina*, larva, morphological characters, instar number, Crosby index, Brooks index

* 资助项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAD19B07); 陕西省教育厅科学研究项目 (2013JK0708); 国家自然科学基金 (31270693)

**E-mail: liuyonghuaa@126.com

***通讯作者, E-mail: youqingluo@126.com

收稿日期: 2013-12-31, 接受日期: 2014-03-15

栎黄枯叶蛾 *Trabala vishnou gigantina* Yang 属鳞翅目 (Lepidoptera) 枯叶蛾科 (Lasioeampidae), 为栗黄枯叶蛾 *Trabala vishnou* Lefebure 的亚种, 主要分布于我国陕西、宁夏、青海、内蒙、甘肃、河南、山西、河北等地, 危害栎类、板栗、核桃、苹果、海棠、沙棘等植物 (刘友樵和武春生, 2006)。近年来栎黄枯叶蛾在陕西吴起沙棘人工林中大面积暴发, 幼虫取食叶片, 往往将受害区内的树叶全部吃光, 造成树势下降甚至死亡, 严重影响到了沙棘种植区的生态建设和经济发展。目前对该虫的生物学特性 (刘永华等, 2013a)、羽化及生殖行为 (刘永华等, 2013b)、卵和蛹的空间分布等 (章一巧等, 2012, 2013) 进行了报道, 但均未涉及其幼虫龄数和龄期的测定问题。

昆虫幼虫的龄数和龄期观察是昆虫生物学特别是幼虫期蜕皮与生长发育的重要研究内容 (彩万志等, 2011)。幼虫龄期的确定是进一步研究其发生规律、生物学习性、预测预报以及制定综合防治技术的基础 (魏书军等, 2006)。但通过人工饲养幼虫观察龄期和龄数时, 由于生活环境的改变, 其蜕皮次数变化较大, 很难准确判定幼虫的龄数和龄期。Dyar 法则揭示, 昆虫幼虫相邻两个龄期的某一部位的长宽度存在一定的几何级数关系, 据此可以推断幼虫的龄期 (赖开平等, 2008)。在蛾类幼虫分龄的研究中, 最常用的指标是头壳宽度 (邵景文, 2001; 王春蕾, 2007; 孙艳娟, 2009; 杨美红, 2012), 这主要是由于头壳骨化强而形态较为稳定, 而各龄幼虫的头壳宽大小不一, 但同龄的头壳宽大致固定,

所以利用头壳宽值来分龄得到了广泛的应用。为了弄清栎黄枯叶蛾幼虫的发育情况, 准确地预测其发生时间, 以便及时采取有效的防治策略, 本研究通过野外调查结合数理分析, 选择了 6 项指标进行测定, 初步确定栎黄枯叶蛾幼虫的龄数。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

试虫的幼虫采自陕西吴起县人工沙棘林地 (107°38′~108°32′E, 36°33′~37°24′N)。从野外采集蛹, 置于 50 cm×50 cm×50 cm 养虫笼内, 常温下待其羽化后交尾并产卵, 收集卵块放在培养皿中孵化, 以此来收集初龄幼虫, 共收集到 112 头。自栎黄枯叶蛾幼虫孵化时起 (2012 年 5 月初), 每隔半个月取样 1 次, 每次收集的幼虫数量为 100 头左右, 直到全部完成化蛹为止 (2012 年 9 月底), 共收集 1 369 头幼虫。试验总共收集幼虫 1 481 头。

1.2 形态结构的选择及测量方法

每次收集到幼虫后, 用 75% 酒精杀死, 然后测量。经过观察不同龄期的幼虫形态特征, 选择 6 项形态结构指标作为分龄的标准。这 6 项形态结构分别是: 体长、体宽、头壳宽度 (头壳最宽处的长度), 额宽 (触角间的最短距离), 上颚基部宽, 单眼间距 (单眼外缘之间的距离)。高龄幼虫各项指标的测定使用游标卡尺, 低龄幼虫相应指标在 SMZ168 体视显微镜下将幼虫拍成 JPEG 格式照片, 配合图像分析软件测量每头幼

* 资助项目: “十二五” 国家科技支撑计划项目 (2012BAD19B07); 陕西省教育厅科学研究项目 (2013JK0708); 国家自然科学基金 (31270693)

**E-mail: liuyonghua@126.com

***通讯作者, E-mail: youqingluo@126.com

收稿日期: 2013-12-31, 接受日期: 2014-03-15

虫各项指标。

1.3 数据统计与分析

使用 SPSS Statistics 17.0 统计分析软件制作频次分布表和频次分布图,以此来初步确定幼虫的龄数。龄数确定后,根据测定值计算体长、体宽、头壳宽度,额宽,上颚基部宽,单眼间距的均值、标准误差及变异系数等,以确定最佳分龄指标和龄数划分的标准。根据 Dyar 定律和 Grosby 生长法则计算 Brooks 指数和 Grosby 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,从而选择用于栎黄枯叶蛾分龄的最佳指标。

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)。

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

2 结果与分析

2.1 栎黄枯叶蛾幼虫龄数的确定

对所收集栎黄枯叶蛾幼虫的 6 项指标进行测量,并对 6 项指标的均值、变异系数、Brooks 指数和 Crosby 指数进行计算(表 1),体长、体宽、额宽和上颚基部宽这 4 项指标的变异系数和 Crosby 指数较大,不适合作为分龄指标。而各龄头壳宽平均值的变异系数和 Crosby 指数最

表 1 栎黄枯叶蛾 6 种形态结构测量值的数据统计结果
Table 1 Measurements and statistics of six morphological structures of *Trabala vishnou gigantina*

形态结构 Morphological structures	龄数 Instar	变幅 Class limits (mm)	均值 Mean ±SE (mm)	样本数 Number of samples	变异系数 Coefficient of variation	Brooks 指数 Brooks' ratio	Crosby 指数 Crosby's ratio
头壳宽 Head capsule width	1	0.7456-1.0832	0.9235 ±0.0693	112	0.0750	—	—
	2	1.1173-1.458	1.2511 ±0.0717	256	0.0573	1.3547	—
	3	1.4695-1.9647	1.6857 ±0.1143	262	0.0678	1.3474	-0.0054
	4	2.053-2.6438	2.2995 ±0.1492	238	0.0649	1.3641	0.0124
	5	2.7266-3.3506	3.0043 ±0.1350	244	0.0449	1.3065	-0.0422
	6	3.3893-3.9641	3.6635 ±0.1358	235	0.0371	1.2194	-0.0667
	7	4.1185-4.8546	4.4137 ±0.1871	134	0.0424	1.2048	- 0.012
额宽 Cranial width	1	0.3743-0.4995	0.4399 ±0.0294	112	0.0669	—	—
	2	0.5348-0.9469	0.7337 ±0.0969	245	0.1320	1.6678	—
	3	0.9706-1.5423	1.1590 ±0.1506	236	0.1300	1.5797	-0.0528
	4	1.6438-2.2849	1.9801 ±0.1403	258	0.0708	2.6989	0.6182
	5	2.3295-2.9641	2.6483 ±0.1504	233	0.0568	1.3374	1.1635
	6	3.1165-3.2875	3.1800 ±0.0462	263	0.0145	1.2008	0.0320
	7	3.4015-3.5765	3.4497 ±0.0408	134	0.0118	1.3026	0.1196

上鄂宽 Mandible width	1	0.1536-0.1992	0.1844±0.0100	112	0.0543	—	—
	2	0.2163-0.2694	0.2473±0.0118	230	0.0476	1.3407	—
	3	0.2874-0.3656	0.3342±0.0226	260	0.0676	1.3513	0.0079
	4	0.3929-0.5288	0.5096±0.0262	254	0.0515	1.5249	0.1284
	5	0.5453-0.6659	0.6015±0.0254	248	0.0422	1.1805	-0.2258
	6	0.6701-0.7928	0.7348±0.0266	243	0.0362	1.2216	0.0348
	7	0.8237-0.9153	0.8781±0.0245	134	0.0279	1.1950	-0.0218
单眼间距 Distance between simple eyes	1	0.6142-0.786	0.7273±0.0381	112	0.0523	—	—
	2	0.8654-1.1756	0.9970±0.0588	234	0.0590	1.3709	—
	3	1.211-1.4978	1.3397±0.0738	249	0.0551	1.3437	-0.0198
	4	1.5718-2.0338	1.8280±0.0959	255	0.0524	1.3645	0.0154
	5	2.115-2.6805	2.3997±0.1122	244	0.0468	1.3127	-0.0379
	6	2.7114-3.1713	2.9308±0.1086	253	0.0371	1.2213	-0.0697
	7	3.2948-3.6612	3.5317±0.0815	134	0.0231	1.2050	-0.0133

续表 1 (Table 1 continued)

形态结构 Morphological structures	龄数 Instar	变幅 Class limits (mm)	均值 Mean±SE (mm)	样本数 Number of samples	变异系数 Coefficient of variation	Brooks 指数 Brooks' ratio	Crosby 指数 Crosby's ratio
体长 Body length	1	2.4119-14.4905	7.4775±3.2619	112	0.4362	—	—
	2	15.3218-23.5672	19.733±2.3307	345	0.1181	2.6391	—
	3	26.1431-34.6738	29.917±2.2111	261	0.0739	1.5160	-0.4255
	4	35.4567-46.625	38.815±2.5611	340	0.0660	1.2974	-0.1442
	5	48.585-56.7573	55.528±1.8173	289	0.0327	1.4306	0.1026
	6	57.6174-69.2193	62.723±2.2758	127	0.0363	1.1295	-0.2104
体宽 Body width	1	0.4377-0.9606	0.6307±0.1280	112	0.2029	—	—
	2	1.3194-1.7166	1.5418±0.1139	309	0.7390	2.4445	—
	3	1.8263-3.2374	2.5828±0.3528	341	0.1366	1.6751	-0.3147
	4	3.3256-4.3185	3.1671±0.2453	284	0.0774	1.2262	-0.2680
	5	4.3681-4.6803	4.5539±0.0903	301	0.0198	1.4379	0.1726
	6	4.8475-6.1716	5.1271±0.2463	134	0.0480	1.1259	-0.2170

小,单眼间距次之,因此利用头壳宽和单眼间距
作为栎黄枯叶蛾幼虫的分龄指标较为合理。

将测量所得的 6 项指标数据分别输入 SPSS
Statistics 17.0 统计分析软件,进行频次分布统

计,制作频次分布图。观察频次分布图,寻找频次集中的区域,一个集中区域代表一个龄期。

从图 1 可知,头壳宽度,额宽,上颚宽和单眼间距都出现了相对明显的 7 个峰值,幼虫体长和体宽分别有 6 个峰。而额宽、上颚宽、体长和体宽 4 项指标的 Crosby 指数均有大于 10% 的,这说明这 4 项指标都不适宜作为栎黄枯叶蛾幼虫的分龄指标。头宽和单眼间距 2 项指标的 Crosby 指数小于 10%,由 Dyar 定律推断栎黄枯叶蛾幼虫分为 7 龄。但额宽和上颚宽的频次分布图也有 7 个峰值,所以这两项指标可以作为分龄的辅助手段。

2.2 回归分析

利用 SPSS Statistics 17.0 统计分析软件分别对 6 项指标和龄数进行线性和指数回归分析(表 2),结果表明,各项指标的直线模型和指数模型回归系数均较小,拟合程度较差。其中以栎黄枯

叶蛾幼虫头壳宽值和龄数的三次线性回归系数最大($R^2=0.995$),头壳宽值和龄数的二次线性回归系数次之($R^2=0.992$),单眼间距的二次线性回归系数 $R^2=0.990$ 。因此认为头壳宽是最佳分龄指标,单眼间距可作为分龄的辅助和验证指标,而额宽和上颚宽两项指标也可以作为分龄的辅助手段,根据头壳宽将栎黄枯叶蛾幼虫分为 7 龄是合理的。

3 讨论

栎黄枯叶蛾近几年在陕西等地的沙棘林中危害严重,确定其龄数,可以为选择合适时机进行幼虫防治提供可靠依据。同长寿(1966)仅提及栎黄枯叶蛾幼虫为 6~7 龄,但并未说明具体的研究方法和分龄依据。本研究通过测定栎黄枯叶蛾幼虫体长,体宽,头壳宽度,额宽,上颚基部宽,单眼间距的值,并计算其均值、标准误差、

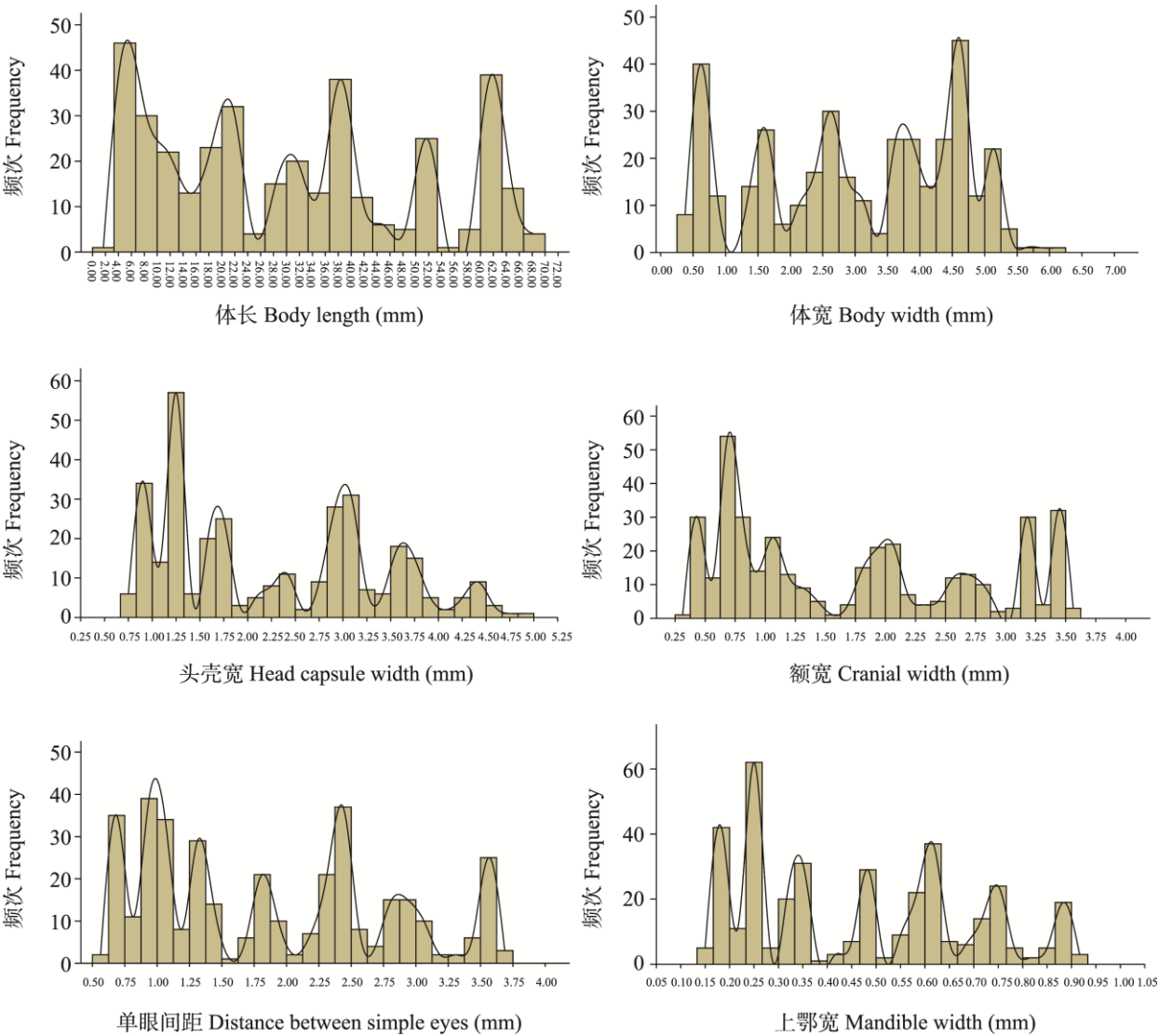


图 1 栎黄枯叶蛾 6 种形态结构测量值频次分布图
Fig. 1 Frequency histograms of six morphological structures of *Trabala vishnou gigantina*

表 2 栎黄枯叶蛾 6 种形态结构测量值回归方程及相关系数
Table 2 R^2 and the linear formula of larval instars and six morphological structures of *Trabala vishnou gigantina*

形态结构 Morphological structures	拟合模型 Fitted model	回归方程 Regression equation	相关系数 R^2 Regression coefficient
----------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------------------------------

* 资助项目：“十二五”国家科技支撑计划项目（2012BAD19B07）；陕西省教育厅科学研究项目（2013JK0708）；国家自然科学基金（31270693）
**E-mail: liuyonghuaa@126.com
***通讯作者，E-mail: youqingluo@126.com
收稿日期：2013-12-31，接受日期：2014-03-15

头壳宽 Head capsule width	直线 Linear	$y=0.718+0.02x$	0.985
	二次 Quadratic	$y=0.752 - 0.002x+0.003 x^2$	0.992
	三次 Cubic	$y=0.708+0.047x - 0.012 x^2+0.001 x^3$	0.995
	指数 Exponential	$y=0.722e^{0.025x}$	0.904

续表 2 (Table 2 continued)

形态结构 Morphological structures	拟合模型 Fitted model	回归方程 Regression equation	相关系数 R^2 Regression coefficient
体长 Body length	直线 Linear	$y=2.811+0.187x$	0.459
	二次 Quadratic	$y=1.787+0.954x - 0.110 x^2$	0.796
	三次 Cubic	$y=0.361+2.749x - 0.704 x^2+0.057 x^3$	0.952
	指数 Exponential	$y=2.759e^{0.062x}$	0.463
体宽 Body width	直线 Linear	$y=0.431+0.004x$	0.902
	二次 Quadratic	$y=0.438 - 0.002x - 0.001 x^2$	0.984
	三次 Cubic	$y=0.443 - 0.007x+0.003 x^2+0.001 x^3$	0.986
	指数 Exponential	$y=0.431e^{0.009x}$	0.904
额宽 Cranial width	直线 Linear	$y=0.373+0.008x$	0.861
	二次 Quadratic	$y=0.352+0.022x - 0.002 x^2$	0.987
	三次 Cubic	$y=0.355+0.019x+0.002 x^2+0.001 x^3$	0.988
	指数 Exponential	$y=0.374e^{0.020x}$	0.865
上颚宽 Mandible width	直线 Linear	$y=0.146+0.005x$	0.913
	二次 Quadratic	$y=0.153+0.021x+0.001 x^2$	0.955
	三次 Cubic	$y=0.156 - 0.003x+0.002 x^2+0.001 x^3$	0.957
	指数 Exponential	$y=0.147e^{0.028x}$	0.921
单眼间距 Distance between simple eyes	直线 Linear	$y=0.590+0.016x$	0.929
	二次 Quadratic	$y=0.603+0.007x+0.001 x^2$	0.990
	三次 Cubic	$y=0.625 - 0.017x+0.008 x^2+0.001x^3$	0.953
	指数 Exponential	$y=0.592e^{0.024x}$	0.934

变异系数、Brooks 指数、Grosby 指数的方法确定栎黄枯叶蛾幼虫分为 7 龄,这与实验室观察幼虫的蜕皮次数基本一致。

本研究中所选择的 6 项指标中,由于幼虫的生理状况和环境条件不同等因素,幼虫的体长和体宽由于变异较大,不宜用于作为龄数划分的

指标和依据。昆虫幼虫的身体是按一定规律增长的,体长增长是连续性的,只有骨化部分如头壳、口器、尾叉等是间断式增长的,每蜕一次皮便显著增大一次(陈永年和潘栋,1988)。在已经报道的几种鳞翅目昆虫幼虫龄数的划分中,杨美红等(2012)认为头壳宽是榆木蠹蛾 *Holcocerus vicarius* 幼虫分龄的最佳指标;胡陇生等(2012)把钩长和头咽骨长作为枣实蝇 *Carpomya vesuviana* 的分龄指标,王春蕾等(2007)等也把头宽作为金纹细蛾 *Lithocolletis ringoniella* 分龄的最佳指标,宗世祥等(2006)认为头壳宽用来划分沙棘木蠹蛾 *Holcocerus hippophaecolus* 龄期比较准确。这些都说明选取骨化程度较高的部位作为分龄依据比较合适。本研究表明头壳宽度是对栎黄枯叶蛾分龄的最佳指标,这与上述研究的结论是一致的。

昆虫幼虫期的生长发育受到温度、光照、食物供给、幼虫密度、物理损伤等因素的影响(王小艺等,2012)。本研究也发现,栎黄枯叶蛾幼虫在室内饲养难度很大,进一步研究其人工饲养方法或人工饲料有一定价值。本研究所需幼虫都采自野外,采回实验室后马上杀死进行测量,这样就排除了室内饲养可能由于上述因素的改变而使幼虫各项指标发生变化的可能性,最大程度地保留了自然条件下的发育状况,这样得出的幼虫龄数比较符合实际,对采取防治措施具有一定指导意义。

参考文献 (References)

- 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.[CAI WZ, PANG XF, HUA BZ, LIANG GW, SONG DL, 2011. General entomology(2nd Edition). China Agricultural University Press, Beijing. 229–230.]
- 陈永年, 潘栋, 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.[CHEN YN, PAN D, 1988. Growth dynamics of head capsule width and food consumption of larvae. *Chinese Bulletin of Entomology*, 25(4): 235–240.]
- 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. [HU LS, QI XJ, ZHU YF, TIAN CM, REN L, 2012. Determination on larva instars of ber fruit fly. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 35(2): 137–139.]
- 赖开平, 陆温, 刘德星, 骆峥嵘, 高鹏宇, 2008. 眉斑并脊天牛幼虫龄数及各龄特征. 昆虫知识, 45(1): 138–140. [LAI KP, LU W, LIU DX, LUO ZR, GAO PY, 2008. The larval instars and stadia of the longhorn beetle *Glenea cantor*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(1): 138–140.]
- 刘永华, 章一巧, 阎雄飞, 宗德禄, 宗世祥, 骆有庆, 2013a. 栎黄枯叶蛾对沙棘林的危害及生物学特性. 植物保护, 3(2): 147–151. [LIU YH, ZHANG YQ, YAN XF, ZONG DL, ZONG SX, LUO YQ, 2013a. Damage of *Trabala vishnou gigantina* (Lepidoptera:Lasiocampidae) to the sea-buckthorn forest and its biological characteristic. *Plant Protection*, 3(2): 147–151.]
- 刘永华, 阎雄飞, 章一巧, 齐连珍, 陆鹏飞, 宗世祥, 骆有庆, 2013b. 栎黄枯叶蛾羽化及生殖行为研究. 应用昆虫学报, 50(5): 1253–1259. [LIU YH, YAN XF, ZHANG YQ, QI LZ, LU PF, ZONG SX, LUO YQ, 2013b. The eclosion and reproduction of *Trabala vishnou gigantina* (Lepidoptera:Lasiocampidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(5): 1253–1259.]
- 刘友樵, 武春生, 2006. 中国动物志: 昆虫纲, 鳞翅目, 枯叶蛾科, 第47卷. 北京: 科学出版社. 338–339. [LIU YJ, WU CS, 2006. Chinese journal of animal: Insecta, Lepidoptera, Lasiocampidae Beijing: Science Press, 338–339.]
- 邵景文, 王永强, 刘世清, 2001. 松瘿小卷蛾幼虫众数龄期的测定. 东北林业大学学报, 29(5): 45–47. [SHAO JW, WANG YQ, LIU SQ, 2001. Determination of mode stadia of *Laspeyresia zebeana*(Ratzeburg) larvae. *Journal of northeast forestry university*, 29(5): 45–47.]
- 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. [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.]
- 同长寿, 1966. 栎黄枯叶蛾的生活习性与防治初步研究. 昆虫知识, 10(2): 96–97. [TONG CS, 1966. A preliminary study on *Trabala vishnou gigantina* Yang of life habit and control. *Chinese Bulletin of Entomology*, 10(2): 96–97.]
- 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 CL, CONG B, WANF HP, 2007. Identification of larval instars of the asintic apple

- leaf-miner, *Lithocolletis ringoniella* Mats. *Journal of shenyang agricultural university*, 38(3): 404–406.]
- 王小艺, 杨忠岐, 唐艳龙, 姜静, 杨远亮, 高纯, 2012. 桑天牛幼虫龄数与划分特征研究. *昆虫学报*, 55(5): 575–584.[WANG XY, YANG ZQ, TANG YL, JIANG J, YANG YL, GAO C, 2012. Study on larvae instar number and division criterion of *Apriona germari*. *Acta entomologica sinica*. 55(5): 575–584.]
- 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.[WEI SJ, ZHEN 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.]
- 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.[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.]
- 章一巧, 宗世祥, 刘永华, 温俊宝, 闫占文, 骆有庆, 2012. 陕西省栎黄枯叶蛾蛹的空间分布. *生态学报*, 32(20): 6308–6317.[ZHANG YQ, ZONG SX, LIU YH, WEN JB, YAN ZW, LUO YQ, 2012. Spatial distribution of *Trabala vishnou gigantina* Yang pupae in Shaanxi Province, China. *Acta ecologica sinica*, 32(20): 6308–6317.]
- 章一巧, 刘永华, 宗世祥, 陆鹏飞, 齐连珍, 骆有庆, 2013. 基于GS+的大黄枯叶蛾卵的空间分布关系. *林业科学*, 49(10): 100–104.[ZHANG YQ, LIU YH, ZONG SX, LU PF, QI LZ, LUO YQ, 2013. Spatial distribution of *Trabala vishnou gigantina* eggs with GS+. *Scientia silvae sinicae*, 49(10): 100–104.]
- 宗世祥, 骆有庆, 许志春, 王涛, 2006. 沙棘木蠹蛾幼虫龄期的初步研究. *昆虫知识*, 43(5): 626–631.[ZONG SX, LUO YQ, XU ZC, WANG T, 2006. Preliminary study of different larval instars of seabuckthorn carpenter moth, *Holcocerus hippophaecolus*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(5): 626–631.]