

圆柏大瘿小蜂羽化的生态学特性及 幼虫空间分布*

吕 东** 李秉新*** 张宏斌 赵 祐 闫克林

(甘肃省祁连山水源涵养林研究院, 张掖, 734000)

摘 要 【目的】圆柏大瘿小蜂 *Megastigmus sabinae* Xu et He 以幼虫在祁连圆柏健康球果内蛀食胚乳, 并随球果同步发育, 致使种子成熟后有果无仁, 造成种子质量严重下降, 严重影响祁连圆柏生产。为准确掌握圆柏大瘿小蜂生物学及生态学特点。【方法】在祁连山北坡东段布设样地, 随机选取样株, 进行圆柏大瘿小蜂羽化特性及幼虫空间分布研究。【结果】在甘肃省祁连山地区, 圆柏大瘿小蜂羽化高峰期为 7 月 17—7 月 24 日, 羽化数随温度的升高、湿度的降低而增加, 环境温度为 22.9℃时羽化数最多, 但当达到最大羽化数后, 温度和湿度的变化对羽化数的影响不明显; 羽化初期雄虫多于雌虫, 羽化后期雄虫数明显减少; 圆柏大瘿小蜂幼虫在祁连圆柏树冠中部幼虫量显著高于树冠上部和下部, 树冠中部的幼虫数占总幼虫数 53.29%, 幼虫在树冠在东、南、西、北方位上所占的比例分别为 58.47%、64.66%、30.12%、27.48%。【结论】圆柏大瘿小蜂羽化与温度湿度密切相关, 幼虫在祁连圆柏树冠上具显著的方向性分布特征。

关键词 圆柏大瘿小蜂, 羽化特性, 温湿度, 空间分布

Ecological characteristics of *Megastigmus sabinae* Xu et He and the spatial distribution of its larvae

LÜ Dong** LI Bing-Xin*** ZHANG Hong-Bin ZHAO Hu YAN Ke-Lin

(Academy of Water Resource Conservation Forests of Qilian Mountains in Gansu Province, Zhangye 734000, China)

Abstract 【Objectives】To determine key biological and ecological characteristics of *Megastigmus sabinae* Xu et He, the larvae of which damage the endosperm of healthy cones of *Sabina przewalskii* resulting in a serious decline in seed quality. 【Methods】The eclosion characteristics and spatial distribution of *M. sabinae* larvae were investigated in the eastern section of the northern slopes of the Qilian Mountains, Gansu Province. 【Results】The peak of eclosion occurred between 17 July and 24 July. The number of eclosion increased with decreasing temperature and humidity, reaching a maximum at an ambient temperature of 22.9℃, after which changes in temperature and humidity had no obvious influence on the number of eclosion. Males emerged earlier than females and significantly fewer males emerged later. Larvae in the middle of the canopy were significantly more abundant than in the upper and lower parts, accounting for 53.29% the total number of larvae. Relative larval abundance in the eastern, southern, western, and northern sides of the canopy were 58.47%, 64.66%, 30.12% and 27.48%, respectively. 【Conclusion】Eclosion of *M. sabinae* is closely related to temperature and humidity, and aspect significantly affects the distribution of larvae.

Key words *Megastigmus sabinae* Xu et He, ecological characteristics, temperature and relative humidity, spatial distribution

祁连圆柏 *Sabina przewalskii* Kom 是青藏高原
原东北部干旱和半干旱区森林生态系统重要组

成部分, 也是祁连山森林生态系统建群种之一。
祁连圆柏耐寒、耐旱、耐贫瘠, 树姿优美, 适于

*资助项目 Supported projects: 国家林业局国家重点林木良种基地林木良种补贴项目林场发[(2009) 11 号]; 甘肃省科技厅科技支撑项目 (1204JKCG191); 甘肃省科技创新服务平台 (144JTCG254)

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

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: shylibingxin3668@163.com

收稿日期 Received: 2016-09-05, 接受日期 Accepted: 2016-12-19

庭院栽培,为造林、园林绿化优良树种,在维护祁连山生态环境建设中具有不可替代的作用。但祁连圆柏天然林内病虫害严重,特别是种实害虫较多,影响天然林的更新能力。在众多的种实害虫中长尾小蜂科 (Torymidae) 大痣小蜂属 (*Megastigmus* Dalman) 圆柏大痣小蜂 *Megastigmus sabinae* Xu et He 是危害祁连圆柏种实的主要害虫。据调查在受害林区,祁连圆柏种子平均被害率为 23.7%,受害严重的林区种子被害率为 41.64%,最重可达 60%~70%,严重制约了祁连圆柏种子育苗和造林更新 (李秉新等, 2014)。

圆柏大痣小蜂 *Megastigmus sabinae* Xu et He 是典型的植食性和寡食性昆虫 (李孟楼, 2002)。幼虫蛀食祁连圆柏健康球果的胚乳,导致种子中空,失去发芽能力,严重影响了祁连圆柏种子的质量和产量。国内学者关于圆柏大痣小蜂方面的研究,主要集中在圆柏大痣小蜂生物生态学 (吴洪源等, 1992)、羽化期预测预报 (吴洪源等, 1992)、生活习性及其防治技术研究 (李秉新等, 1991) 以及幼虫空间分布格局 (李秉新等, 2014) 等。随着祁连山天然林保护工程和退耕还林工程的相继实施,对祁连圆柏优良种子的需求量日益增大而种实害虫的危害造成种子品质低劣,产量下降,很大程度上制约了祁连山生态环境工程的发展。控制祁连圆柏种实害虫危害,提高种子质量和产量已成为祁连山林业生态建设必须解决的紧迫问题。

1 材料与方法

1.1 材料

2014 年 6—7 月在祁连山北坡东段寺大隆林场盆沟祁连圆柏天然母树林内,根据不同坡向、不同坡位布设 10 块面积为 100 m×100 m 的样地,样地间四周界以红漆标记。样地内利用黑光诱虫灯调查圆柏大痣小蜂羽化数量,10 块样地采用逐株调查法调查幼虫,每块样地调查 20 株。

1.2 方法

1.2.1 成虫羽化量调查方法 利用黑光诱虫灯调查圆柏大痣小蜂成虫羽化数量,每块样地设置

黑光诱虫灯 5 盏,每天 7:00—10:00、10:00—13:00、13:00—16:00、16:00—19:00、19:00—22:00、22:00—7:00 记录羽化成虫数量,同时采用便携式自动气象站观测记录样地内温度、湿度,在每一块样地同时扣放高 15 cm,面积 1 m×1 m 的网罩 3 个,于 2014 年 7 月 11 日—26 日逐日定时观察记录圆柏大痣小蜂雌、雄成虫羽化数量,据此计算成虫性比。

1.2.2 幼虫空间分布调查方法 每块样地内按平行线取样法每标准地随机抽取 20 株样株。每样株在树冠上、中、下层及树冠东、西、南、北 12 个方位各随抽取 100 枚球果,并编号记录,带回实验室解剖球果,记录球果受害数,统计虫口密度,将调查所得数据进行整理。祁连圆柏受害球果数树冠不同方位及不同部位之间使用 *t*-检验进行分析,受害球果数树冠不同方位间的数据使用 Duncan's 多重比较后在 0.05 水平下进行分析。

2 结果与分析

2.1 圆柏大痣小蜂羽化期内成虫羽化数及雌雄比动态变化

根据圆柏大痣小蜂成虫羽化情况,每天分别取每块样地圆柏大痣小蜂羽化数量的平均值,同时记录雌雄比,祁连圆柏天然母树林内整个羽化期内圆柏大痣小蜂羽化数及雌雄比。调查显示圆柏大痣小蜂羽化高峰期集中在 7 月 17 日—7 月 24 日,羽化高峰期成虫羽化量占整个羽化期成虫总羽化量的 92.25% (图 1)。

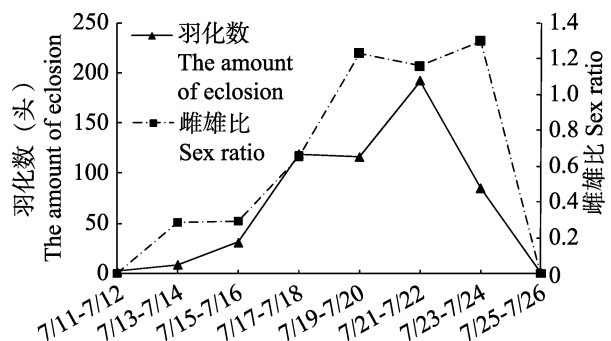


图 1 圆柏大痣小蜂羽化数及雌雄性比时间动态变化

Fig. 1 *Megastigmus sabinae* eclosion number and sex ratio of dynamic change with time

对祁连圆柏天然母树林内圆柏大瘿小蜂在祁连圆柏树冠四个不同方位羽化情况进行统计, 树冠东、南、西、北四个方位的圆柏大瘿小蜂羽化情况 (见图 2)。整个羽化期内, 树冠东面 7 月 11 日—12 日开始羽化, 羽化集中在 7 月 17 日—7 月 24 日, 羽化数 152 头; 树冠南面 7 月 11 日—12 日开始羽化, 羽化集中在 7 月 15 日—7 月 24 日, 羽化数 171 头; 树冠西面 7 月 13 日—14 日开始羽化, 羽化集中在 7 月 17 日—7 月 24 日, 羽化数 129 头; 树冠北面从 7 月 13 日—14 日开始羽化, 羽化集中在 7 月 17 日—7 月 24 日, 羽化数 103 头。祁连圆柏天然母树林内光照条件较好, 树冠东面和南面的羽化时间相对较早, 且羽化数量较大, 占到总羽化量的 54.05%, 这与成虫喜光喜暖的活动习性有一定的相关关系。

2.2 圆柏大瘿小蜂雌雄成虫羽化时间动态分析

祁连圆柏天然母树林内圆柏大瘿小蜂羽化时间动态 (图 3)。在整个羽化期内, 7:00—19:00 圆柏大瘿小蜂雌雄成虫羽化总数为 447 头, 而 19:00—7:00 圆柏大瘿小蜂雌雄成虫羽化总数仅

为 108 头, 7:00—19:00 圆柏大瘿小蜂羽化数占整个羽化期内羽化总数的 80.54%, 整个羽化期内圆柏大瘿小蜂羽化数白天大于夜间, 并且在整个羽化期内 7:00—10:00 和 13:00—16:00 成虫羽化数相对比其它时段多, 占整个羽化期内总羽化数的 46.85%。

2.3 圆柏大瘿小蜂羽化与温度、湿度的关系

圆柏大瘿小蜂成虫的羽化数量与祁连圆柏天然母树林内的气温、相对湿度关系如图 4, 从图 4 中可知: 在羽化期与林内温度和湿度的关系密切, 在羽化高峰期 7 月 17—24 日, 羽化数随温度的升高、湿度的降低表现出逐渐增多的趋势。7 月 20 日当温度达到 22.9℃时, 羽化数达到整个羽化期内的最大值 100 头, 之后羽化数逐渐下降, 受温度、相对湿度的影响逐步消失。尽管 21 日、22 日、23 日 24 日温度高于 7 月 20 日的温度, 21 日、22 日、23 日 24 日相对湿度低于 7 月 20 日的相对湿度, 但羽化数呈下降趋势。整个羽化期内圆柏大瘿小蜂羽化与温度、湿度的关系为: 圆柏大瘿小蜂羽化受林内温度和相

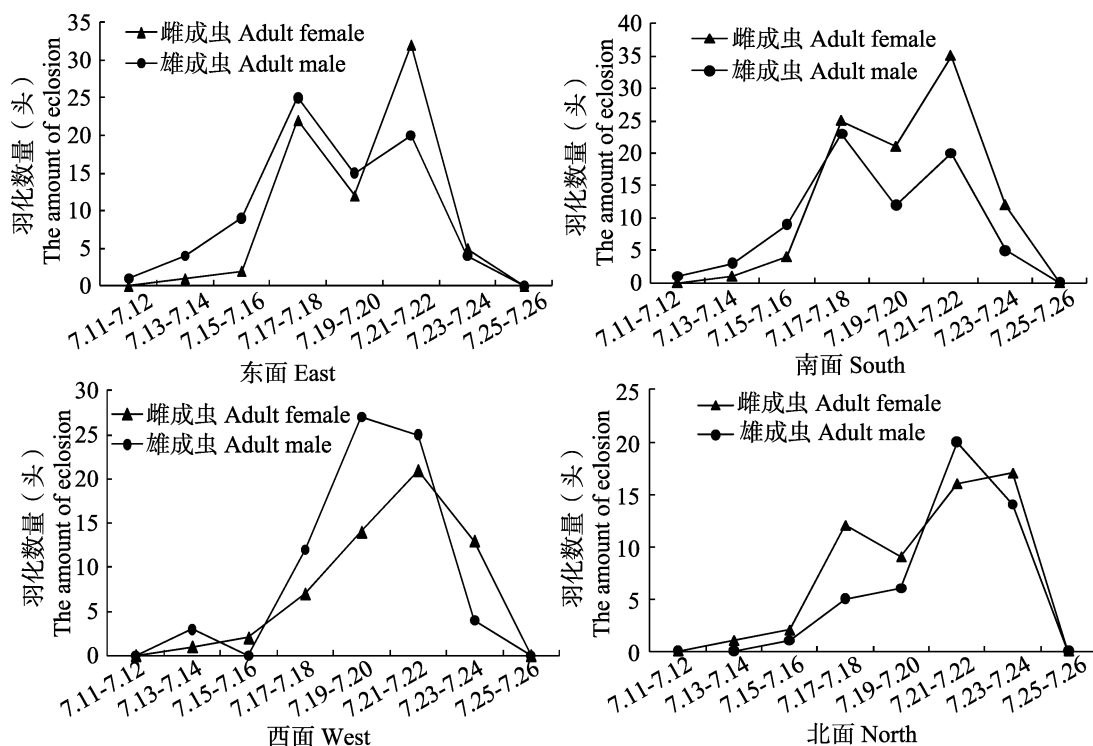


图 2 树冠各方向圆柏大瘿小蜂羽化数量
Fig. 2 The number of the crown of *Megastigmus sabinae*

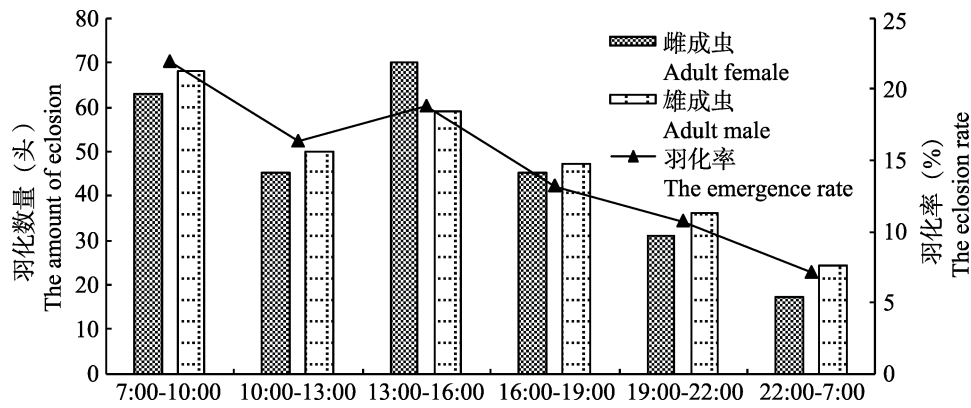


图3 圆柏大痣小蜂各时间段羽化数量

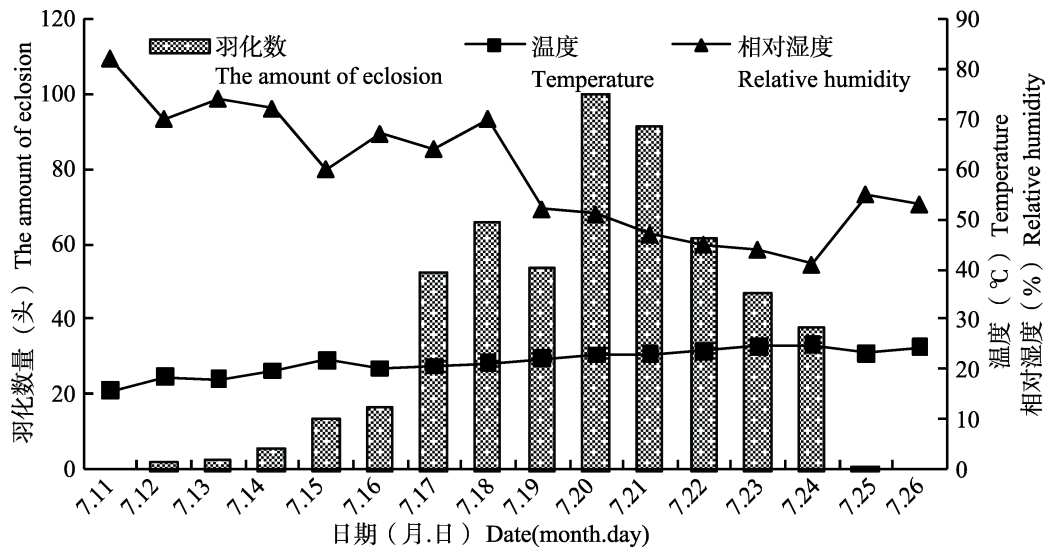
Fig. 3 The amount of eclosion in each time period of the *Megastigmus sabinae*

图4 圆柏大痣小蜂羽化数量与温度、相对湿度的关系

Fig. 4 The relationship among quantity, temperature and relative humidity of the *Megastigmus sabinae*

对湿度的影响较大,随着林内温度的升高、湿度的降低而升高,但当达到最大羽化数后,林内温度、湿度的变化不再影响羽化数量。

对样地内圆柏大痣小蜂羽化高峰期羽化量与样地内温度、相对湿度进行相关分析,样地内圆柏大痣小蜂羽化量与温度呈显著正相关 ($r=0.672$),与样地内相对湿度呈负相关 ($r=-0.176$)。

2.4 圆柏大痣小蜂幼虫空间分布

圆柏大痣小蜂幼虫(受害球果数)在祁连圆柏树冠上部、中部、下部分布有显著差异(图5),树冠中部的幼虫数(受害球果数)显著高于树冠上部和下部的幼虫数(受害球果数) ($P<0.05$),占

总受害球果数(幼虫数)的53.29%(上部、中部、下部受害球果总数(幼虫数)=486粒)。

在树冠不同方位上圆柏大痣小蜂幼虫(受害球果数)分布有差异(表1),圆柏大痣小蜂幼虫在树冠东、南、西、北方位上所占的比例分别为:58.47%、64.66%、30.12%、27.48%,圆柏大痣小蜂幼虫树冠东、南方向上分布比例高于西、北方向,这一结果与不同方位上的光热条件和球果数有关。

3 结论

祁连圆柏母树林内圆柏大痣小蜂成虫7月中旬开始羽化,羽化高峰期主要集中在7月17日—7月24日,羽化高峰期成虫羽化量占整个

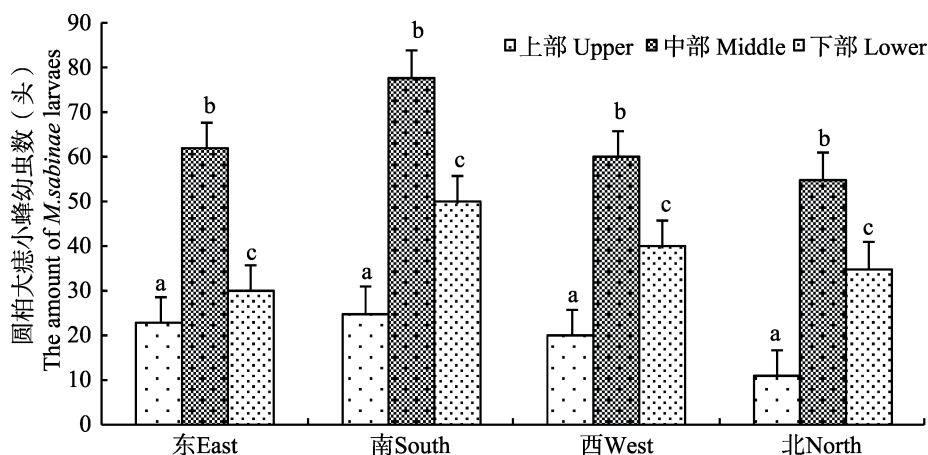


图 5 圆柏大瘧小蜂幼虫在祁连圆柏树冠不同方位及不同层次上的分布

Fig. 5 Distribution of the larvae of *Megastigmus sabinae* in different directions and at different levels of *Sabina przewalskii* tree

柱上标有不同字母表示差异显著 (t -检验, $P < 0.05$)。

Histograms with different letters indicate significantly different at 0.05 level by t -test.

表 1 祁连圆柏树冠不同方位上圆柏大瘧小蜂幼虫的分布
Table 1 Distribution of *Megastigmus sabinae* larva in different position on *Sabina przewalskii* tree

方位 Position	均值 (头) Mean (the amount of larvae)	受害球果所占比列 (%) The proportion of damaged cones (%)
东 East	175.43a	58.47
南 South	194.23a	64.66
西 West	90.36b	30.12
北 North	82.44b	27.48
上部 Upper	78.96a	19.75
中部 Middle	254.83b	63.75
下部 Lower	155.22a	38.75

同一列数据后标有相同字母表示经 Duncan's 多重比较后在 0.05 水平上差异不显著 ($P \geq 0.05$)。

Data followed by the same letters in the same column indicate no significantly different at the 0.05 level by Duncan's multiple range test.

羽化期成虫总羽化量的 92.25%；圆柏大瘧小蜂羽化时间动态上 07:00—19:00 圆柏大瘧小蜂羽化数占整个羽化期内羽化总数的 80.54%，7:00—10:00 和 13:00—16:00 为两个羽化高峰时段，羽化量比其它时段大，两个羽化高峰时段羽化量占总羽化量的 46.85%；从树冠东西南北四个方位的羽化情况来看，光照条件较好树冠东面和南面的羽化时间相对较早，且数量较大，占到总羽化量的 58.20%，这与成虫喜光喜暖的活动习性有

一定的相关关系。

圆柏大瘧小蜂羽化成虫的雌雄比在整个羽化期内呈现先增大后减小的变化趋势，羽化初期雄成虫多于雌成虫，雌雄比由 0.29 升高到 1.23，羽化后期雌成虫多于雄成虫，雌雄比由 1.23 降到 1.16，这是环境因子（温度）与生物体繁殖对策（最佳性比 1:1）共同作用的结果；本结果与尹奉淳（2004）等研究不同，可能与当地的环境因子（土壤水分、温度等）或生物地区差异有关，其真正原因还有待进一步的研究。

圆柏大瘧小蜂羽化量与样地内温度呈显著正相关 ($r=0.672$)，与相对湿度呈负相关 ($r=-0.176$)。这与马建军等（2010）研究结果基本一致。说明圆柏大瘧小蜂羽化与温度和相对湿度关系密切，温度的高低影响着羽化高峰期的早晚，而且在羽化初期受温度影响较大，羽化数随着温度的升高而升高，当达到最大羽化数后，温度的变化对羽化数的影响不甚明显。

圆柏大瘧小蜂幼虫在祁连圆柏树冠上部、中部、下部有显著差异，树冠中部受害球果数显著高于树冠上部和下部的球果数；在树冠不同方位上球果的危害程度有一定的差异，东、南方向上受害球果数的分布比例高于西、北方向，受害球果数在东、南、西、北方位上所占的比例依次为 58.47%、64.66%、30.12%和 27.48%，这一结果

与树冠不同方位上的光热条件和球果数量有关, 祁连圆柏树冠上、中、下各部位受害球果数(蛀果率)的分布与杜磊等(2012)的研究结果不同。圆柏大痣小蜂幼虫空间分布与翟小伟等(2009)、魏玉红等(2012)及林伟丽等(2007)的研究结果相似。

4 讨论

圆柏大痣小蜂成虫羽化后不进行补充营养, 当天便可交尾、产卵, 并有孤雌生殖现象。雌虫将卵直接产于当年生幼嫩的小球果, 然后用触角敲打小球果表面, 并用产卵器刺探选择有种仁的小球果进行产卵, 产卵时雌虫多将头朝向球果的基部, 产卵器位于球果的端部, 躬起腹部将产卵器竖起, 从胸腹之间向下, 在种子靠近基部的位置进行试刺, 将产卵器刺入种子, 如果球果空瘪, 则不产卵, 另选小球果; 如果未刺到合适的部位, 重新换位试刺; 当刺入位置合适并且小球果内含有种仁时便产卵, 卵直接产于种仁内, 1粒种子内产1粒卵。

圆柏大痣小蜂是危害圆柏属树木种子的寡食性昆虫, 除成虫期外, 其卵、幼虫和蛹均生活在寄主种子内, 防治难度大。经观察测算, 从幼虫化蛹的始期、盛期、末期到羽化期的始期、盛期、末期历时35 d; 从成虫羽化始期到盛期至末期历时8 d。准确掌握圆柏大痣小蜂的羽化规律才能找出防治的有效适期, 本文的研究结论给圆柏大痣小蜂的有效防治给出了理论依据。圆柏大痣小蜂防治要在羽化的始期到盛期至末期内进行才能取得较好的效果。

参考文献 (References)

Du L, Chai SZ, Guo JM, Lu TW, Zhang RZ, 2012. Eggs-laying features of *Cydia pomonella* adults. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(1): 70–79. [杜磊, 柴绍忠, 郭静敏, 鲁天文, 张润志, 2012. 苹果蠹蛾成虫产卵特性. 应用昆虫学报, 49(1): 70–79.]

Li BX, Lü D, Zhang HB, Zhao M, Yan KL, Hou YM, 2014. The Spatial distribution pattern of *Megastigmus sabinae* Xu et He larvae in *Sabina przewalskii* Kom forest. *Journal of Environmental Entomology*, 36(2): 276–282. [李秉新, 吕东, 张

宏斌, 赵明, 闫克林, 侯玉梅, 2014. 祁连圆柏林圆柏大痣小蜂幼虫空间分布格局. *环境昆虫学报*, 36(2): 276–282.]

Li BX, Zhang JY, Fu HE, 1991. Study on *Megastigmus sabinae* Xu et He life habit and control technology. *Gansu Forestry Science and Technology*, (4): 30–35. [李秉新, 张继义, 傅辉恩, 1991. 圆柏大痣小蜂生活习性 & 防治技术的研究. 甘肃林业科技, (4): 30–35.]

Li ML, 2002. The General Theory of Forest Entomology. Beijing: China Forestry Press. 201–206. [李孟楼, 2002. 森林昆虫学通论. 北京: 中国林业出版社. 201–206.]

Lin WL, Yu JN, Xue GH, Wang YP, 2006. Study on population fluctuations of *Cydia pomonella* (L.) and *Grapholitha molesta* Busck in Aksy, Xinjing. *Xinjing Agricultural Sciences*, 43(2): 100–102. [林伟丽, 于江南, 薛光华, 王永平, 2006. 新疆阿克苏地区苹果蠹蛾和梨小食心虫消长规律的研究. 新疆农业科学, 43(2): 100–102.]

Ma JJ, Yao H, Qi ZL, 2010. Emergence characteristics of overwintering *Apocheima cinerarius* and its larval spatial distribution pattern. *Forest Pest and Disease*, 29(1): 10–12. [马建军, 姚虹, 齐志利, 2010. 春尺蠖越冬蛹羽化特性及幼虫空间分布研究. 中国森林病虫, 29(1): 10–12.]

Wei YH, Luo JC, Zhou ZX, Liu YY, 2012. The spatial distribution of *Cydia pomonella* eggs in apple orchards in Gansu Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(1): 49–53. [魏玉红, 罗进仓, 周昭旭, 刘月英, 2012. 甘肃省苹果蠹蛾卵的空间分布格局. 应用昆虫学报, 49(1): 49–53.]

Wu HY, Zhang DH, Chen DY, 1992. Studies on the bioecology of *Megastigmus sabinae*. *Scientia Silvae Sinicae*, 28(4): 367–371. [吴洪源, 张德海, 陈道义, 1992. 圆柏大痣小蜂生物生态学研究. 林业科学, 28(4): 367–371.]

Wu HY, Zhang DH, Chen DY, 1992. Study on prediction of *Megastigmus sabinae* Xu et He emergence period. *Practical Forestry Technology*, (7): 22–23. [吴洪源, 张德海, 陈道义, 1992. 圆柏大痣小蜂羽化期的预测预报研究. 林业实用技术, (7): 22–23.]

Yin FC, Qin LF, Yu HL, 2004. Observation and control of Emergence (Ecllosion) of spring cankerworm (*Apocheima Cinerius* Erschoff). *Xinjiang Agriculture Science*, (5): 385–387. [尹奉淳, 秦利芳, 余虹丽, 2004. 春尺蠖羽化监测及防治措施的探讨. 新疆农业科学, (5): 385–387.]

Zhai XW, Liu WX, Xu HF, Wang FH, Pu CJ, 2009. Distribution characteristic and spatial pattern of *Cydia pomonella* (L.) eggs in pear orchard. *Acta Phytophylacica Sinica*, 36(4): 343–348. [翟小伟, 刘万学, 徐洪富, 万方浩, 蒲崇建, 2009. 苹果蠹蛾卵在梨园中的分布特性和空间格局. 植物保护学报, 36(4): 343–348.]