应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2017, 54(3): 515–521. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2017.063

栎空腔瘿蜂种群时空动态及其影响因子*

王景顺[1, 2**] 王相宏[3] 张坤朋[2] 武三安[1***]

（1. 北京林业大学森林培育与保护教育部重点实验室，北京 100083；2. 安阳工学院，安阳 455000；
3. 林州市森林病虫害防治检疫站，林州 456550）

摘 要 **【目的】** 掌握栎空腔瘿蜂 *Trichagalma acutissimae* (Monzen)自然种群的时空数量变动规律及不同生态因子对其种群发生数量的影响，为该虫预测预报和综合治理提供依据。**【方法】** 2012—2016 年，采用系统调查方法，调查栎空腔瘿蜂的在不同年份种群数量变化以及坡位、坡向、海拔等生态因子对有性世代和无性世代虫瘿发生数量的影响。**【结果】** （1）坡位、坡向对其有性世代和无性世代虫瘿发生数量影响不显著；(2）随着海拔高度升高，有性世代及无性世代虫瘿数量逐渐下降；(3）幼龄林距离成龄林越远，无性世代虫瘿密度越小；(4）不同年份间无性世代虫瘿数量差异显著；(5）回归分析表明，2012 年有性世代虫瘿数量与无性世代虫瘿数量关系为：$y = 15.80x + 46.85$，r=0.939，2013 年有性世代虫瘿数量与无性世代虫瘿数量关系为：$y = 2.128x–2.186$，r=0.930。**【结论】** 栎空腔瘿蜂在南太行山区有其适宜的分布范围，分布适生区是在海拔 500~800 m 的栓皮栎纯林内；自然状态下，种群向外扩张距离每年不超过 1 000 m；不同年份种群数量存在显著差异，4 月中旬的极端低温是影响其种群数量消退的重要生态因子。

关键词 栎空腔瘿蜂，种群动态，生态因子，无性世代，有性世代

Factors influencing the temporal and spatial population dynamics of *Trichagalma cutissimae* (Hymenoptera: Cynipidae)

WANG Jing-Shun[1, 2**] WANG Xiang-Hong[3] ZHANG Kun-Peng[2] WU San-An[1***]

(1. The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, China; 3. Forest Diseases and Insect Pests Control Station of Linzhou City, Linzhou 456550, China)

Abstract **[Objectives]** To provide a theoretical basis for forecasting outbreaks of *Trichagalma acutissimae* (Monzen) (Hymenoptera: Cynipidae), an important pest of *Quercus variabilis* trees in the Taihang Mountains, China, and to develop integrated pest management methods for this species. **[Methods]** The population dynamics and influence of ecological factors, such as slope position, slope aspect and altitude, on sexual and asexual generations of *T. acutissimae* was systematically studied for five consecutive years between 2012 and 2016. **[Results]** (1) Slope position and aspect had little effect on numbers of the sexual and asexual generations; (2) There was a strong, negative relationship between altitude and *T. acutissimae* abundance; (3) The further young forest was from old forest, the fewer the number of asexual generation galls; (4) There were significant differences in the abundance of *T. acutissimae* between 2012 and 2013; (5) The equation for a linear model of the relationship between abundance of the sexual generation and altitude in 2012 is: $y = 15.80x + 46.85$, r=0.939, and the corresponding model for the asexual generation in 2013 is: $y = 2.128x - 2.186$, r=0.930. **[Conclusion]** These models indicate that *T. acutissimae*is in the Taihang Mountains is mainly distributed at elevations from 500 to 800m. The rate of expansion of *T. acutissimae* is no more than 1 000 m a year. Extremely low mid-April temperatures are an important ecological factor affecting the population dynamics of *T. acutissimae.*

Key words *Trichagalma acutissimae*, population dynamics, ecological factors, asexual generation, sexual generation

---

*资助项目 Supported projects：河南省重点科技攻关计划项目（152102110008）

**第一作者 First author，E-mail：aywjs8@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：sananwu@bjfu.edu.cn

收稿日期 Received：2016-12-26，接受日期 Accepted：2017-02-23

栓皮栎 *Quercus variabilis* Blume 又名软木栎、粗皮青冈，属于壳斗科（Fagaceae）栎属（*Quercus*）落叶乔木，是南太行山区天然次生林的重要组成树种，分布范围广，经济和生态价值大，在林业生产中起着重要作用。

栎空腔瘿蜂 *Trichagalma acutissimae*（Monzen）属膜翅目（Hymenoptera）瘿蜂总科（Cynipoidea）瘿蜂科（Cynipidae），目前，国外主要分布在日本，我国主要分布在河南、山西、河北省的太行山区（Abe，2006；Abe *et al.*，2007；Melika *et al.*，2010；Wang *et al.*，2016）。2005 年以来，该虫在南太行山的栓皮栎 *Q. variabilis* 林内暴发成灾，有虫株率 100%，平均每叶虫瘿 11 个，最高每叶虫瘿 52 个，致使叶片后期失绿枯黄或变褐色，严重影响叶片的光合作用，削弱树木的长势，造成叶片早落，甚至整株死亡（Pujade-Villar and Wang，2012；王景顺等，2013）。

栎空腔瘿蜂一年发生 2 代，以有性世代和无性世代交替出现，以卵在栓皮栎花芽内越冬，翌年 4 月，栓皮栎开花时，在其雄花序上产生单个或多个虫瘿，此阶段的虫瘿称为有性世代虫瘿，成虫 4 月中下旬羽化出瘿，雌虫与雄虫交配后，在栓皮栎嫩叶叶脉产卵，刺激叶片产生虫瘿，11—12 月成虫从虫瘿内羽化出孔，由于羽化的成虫全部为雌虫，此阶段形成的虫瘿被称为无性世代虫瘿（王景顺等，2016）。目前，已经对该虫的形态特征（Pujade-Villar and Wang，2012）、生物学特性（王景顺等，2013）、生命表（王景顺等，2014）、空间分布（王景顺等，2016）、防治方法（王景顺等，2015）等进行了初步研究，取得了一些阶段性进展。但该虫种群时空动态规律及其影响因子的研究还未见报道。本研究主要基于：(1) 栎空腔瘿蜂种群数量随着时间的消长动态及变化规律；(2) 不同空间位置数量变化规律，特别是研究海拔、坡向、坡位对该虫空间分布影响；(3) 该虫是如何向周围扩展蔓延的？扩展蔓延速度如何？(4) 有性世代虫瘿数量与无性世代虫瘿数量关系。通过对这几个问题的研究，系统分析该虫数量消长时空动态以及对相关影响因子分析，以期找到该虫的成灾规律以及与生态因子的关系，为预测预报及综合治理提供依据。

1 材料与方法

1.1 调查地概况与调查时间

1.1.1 试验地概况 试验点设位于南太行山区的河南省林州市姚村镇以及石板岩乡。地理坐标为北纬 36°06′~36°13′，东经 113°41′~113°47′。属于暖温带大陆性季风气候，夏季高温多雨，冬季寒冷干燥，平均气温 12.8℃，年降水量 672.1 mm，年日照时间 2 251.6 h，平均无霜期 192 d，最热月（7 月）平均温度 25.8℃，最冷月（1 月）平均温度 - 2.5℃。

1.1.2 调查时间 2012—2016 年，选取发生较为严重姚村镇水河村作为观察点，系统调查不同年份数量动态。其中，在 2012—2013 年间，系统调查不同坡位、海拔、坡向等环境对种群数量的影响。坡位主要调查海拔变化较为平缓的坡顶（上坡）、坡谷（下坡）以及中间坡位（中坡），坡向根据实际的地形情况选取了有栓皮栎林分布的 5 个坡向：东、东南、西南、北、西北。每年分 2 次进行：1 次是在 4 月中旬，调查有性世代虫瘿数量；另 1 次是在 6 月下旬，调查无性世代虫瘿数量。成龄林主要调查 15~25 年生有开花的树林，幼龄林主要调查 3~5 年生未开花树林。

1.2 调查方法

1.2.1 成龄林有性世代虫瘿调查方法 每个样点选取 5 株，每株树冠分上、中、下 3 层，每层又分为东、南、西、北 4 个方位，每个方位取一个标准枝条，共 12 个标准枝条，系统调查各枝条所有花序的有性世代虫瘿。

1.2.2 成龄林无性世代虫瘿调查方法 每个样点选取 5 株，每株树冠分上、中、下 3 层，每层又分为东、南、西、北 4 个方位，每个方位取一个标准枝条，在每个标准枝条上取虫瘿数量较多的 3 片叶。

1.2.3 幼龄林虫瘿调查方法 每个样点选取 5

株，调查每株上、中、下 3 层，每层调查虫瘿数量较多的 12 片叶。

1.3　计算方法

数据分析采用单因素方差分析和多重比较（LSD）法。有性世代与无性世代种群数量关系用一元线性回归分析法；所用软件为 Excel 2007 和 SPSS 20.0。

2　结果与分析

2.1　不同年份虫瘿种群数量动态

通过对栎空腔瘿蜂 2012—2016 年有性世代和无性世代种群数量变化调查显示（图 1），有性世代虫瘿在 2012—2016 年平均每株发生数量分别为（40.6±14.65）、（37.0±18.86）、（5.2±5.54）、（1.8±3.03）、（0.4±0.89）个，无性世代虫瘿平均每株发生数量分别为（816.4±184.13）、（61.8±34.80）、（11.0±3.61）、（3.4±3.78）、（1.4±2.19）个。整个过程为下降趋势，有性世代虫瘿数量从 2014 年后急剧下降，无性世代虫瘿从 2012 年到 2013 年突然下降。2015—2016 年，该种群已经由原来的暴发状态进入到零星发生状态。

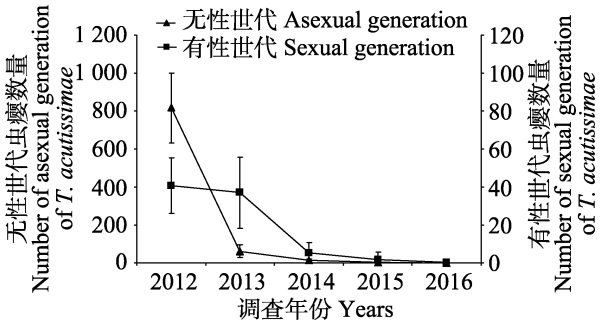

图 1　2012—2016 年栎空腔瘿蜂的种群动态变化

Fig. 1　The number of *Trichagalma acutissimae* in 2012-2016

2.2　不同坡位与虫瘿种群数量的关系

对栎空腔瘿蜂有性世代虫瘿数量调查结果表明，有性世代虫瘿数量在 2012 年上坡、中坡、下坡平均每株发生的数量分别为（37.6±9.07）、（36.4±14.81）、（48.2±17.63）个，在 2013 年上坡、中坡、下坡平均每株发生的数量分别为（33.2±21.09）、（28.4±7.16）、（31.0±14.35）个（图 2）。*F*-检验表明（表 1），坡位、年份及年份坡位交互作用对有性世代虫瘿数量影响没有显著差异。

无性世代虫瘿数量在 2012 年上坡、中坡、下坡平均每株发生的数量分别为（753.8±100.01）、（816.4±184.13）、（757.2±85.58）个，2013 年平均每株发生的数量分别为（54.6±17.04）、（52.4±23.03）、（61.8±34.80）个（图 2）。对 2012—2013 年种群数量进行 *F*-检验显示（表 1），相同年份，坡位对无性世代虫瘿数量影响没有显著差异（$P>0.05$）。年份及年份和坡位的交互作用对无性世代虫瘿数量影响极显著（$P<0.01$）。

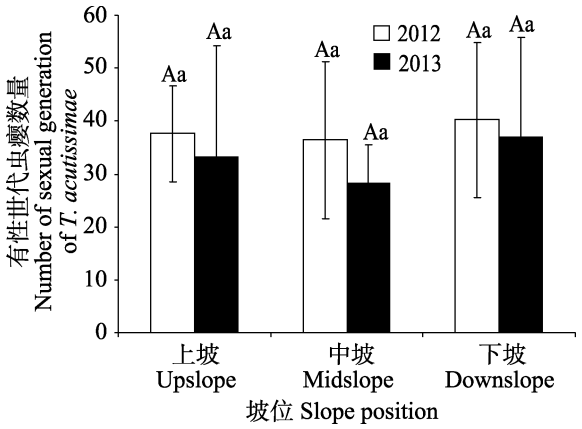

图 2　2012—2013 年不同坡位有性世代虫瘿数量

Fig. 2　The number of sexual generation of *Trichagalma acutissimae* on different slope position between 2012 and 2013

柱上标有不同大写字母和小写字母分别代表同一年份在不同坡位间差异显著和同一坡位在不同年份间在水平上差异显著，差异水平选择 $P<0.05$。下图同。

Histograms with different uppercase or lowercase letters represent significant difference among slope position under the same year or between years under the same slope position at 0.05 levels, respectively. The same below.

2.3　不同坡向与虫瘿种群数量的关系

不同坡向有性世代虫瘿数量见图 4。2012 年，有性世代虫瘿在东、东南、西南、北、西北坡向平均每株虫瘿数量分别为（37.3±3.51）、（35.3±9.07）、（36.3±9.61）、（31.7±13.05）、

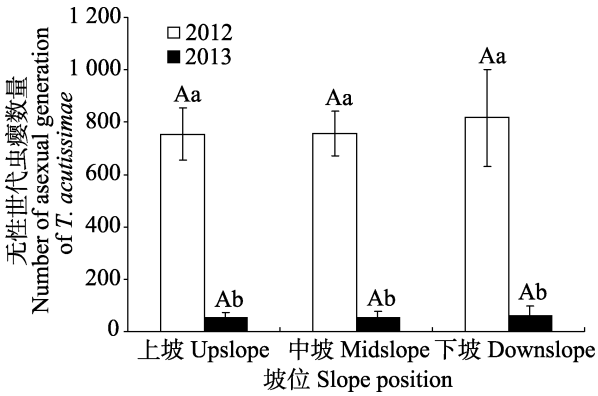

图 3 2012—2013 年不同坡位无性世代虫瘿数量
Fig. 3 The number of asexual generation of *Trichagalma acutissimae* on different slope position between 2012 and 2013

表 1 不同坡位虫瘿密度调查及 *F* 值检验
Table 1 Effect of slpoe position and year on the number of *Trichagalma acutissimae* and *F* test

因素 Factor	无性世代虫瘿 Asexual generation			有性世代虫瘿 Sexual generation		
	df	*F*	*P*	*df*	*F*	*P*
年份 Year	1	481.754	0.000	1	3.826	0.061
坡位 Slope position	2	0.003	0.997	2	0.474	0.627
年份×坡位 Year×Positiosition	5	87.768	0.000	5	1.096	0.388

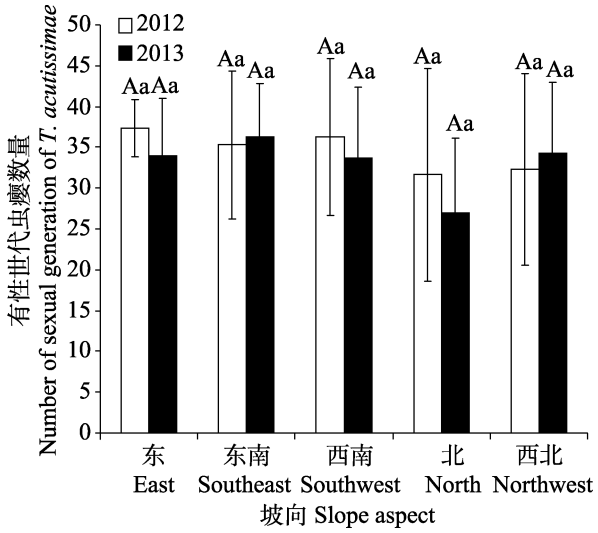

图 4 2012—2013 年不同坡向有性世代虫瘿数量
Fig. 4 The number of sexual generation of *Trichagalma acutissimae* on different slope aspect between 2012 and 2013

（32.3±11.72）个，2013 年平均每株发生的数量分别为（34.0±7.00）、（36.3±6.43）、（33.7±8.74）、（27.0±9.17）、（11.72±8.62）个。

不同坡向无性世代虫瘿数量见图 5。2012 年，无性世代虫瘿数量在东、东南、西南、北、西北坡向虫瘿数量分别为（494.3±8.08）、（497.3±68.68）、（468.0±73.74）、（483.7±17.24）、（508.0±41.3）个，2013 年发生的数量分别为（53.0±9.17）、（51.7±9.02）、（46.0±8.19）、（39.3±14.05）、（41.3±6.51）个。

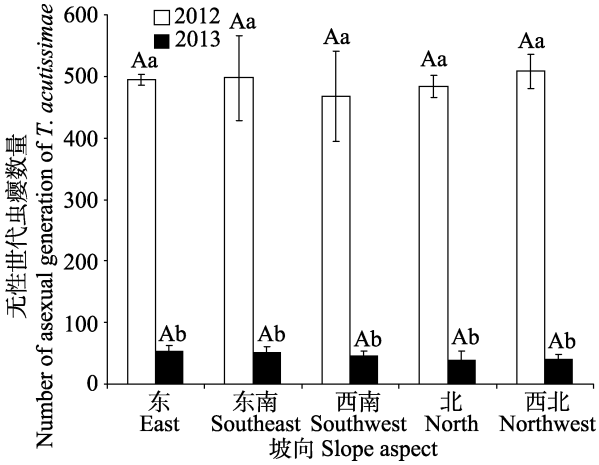

图 5 2012—2013 年不同坡向无性世代虫瘿数量
Fig. 5 The number of asexual generation of *Trichagalma acutissimae* on different slope aspect site between 2012 and 2013

对 2012—2013 年种群数量进行 *F*-检验显示（表 2），在同一年份中，坡向对无性世代和有性世代虫瘿数量均无显著影响（$P>0.05$）。不同年份间有性世代虫瘿数量差异不显著，但无性世代虫瘿数量差异极显著。年份及年份和坡向的交互作用显示，无性世代虫瘿数量差异极显著（$P<0.01$），有性世代虫瘿数量差异不显著。

表 2 不同坡向虫瘿密度调查及 *F* 值检验
Table 2 Effect of slpoe aspect and year on the number of *Trichagalma acutissimae* and *F* test

因素 Factor	无性世代虫瘿 Asexual generation			有性世代虫瘿 Sexual generation		
	df	*F*	*P*	*df*	*F*	*P*
年份 Year	1	1 546.461	0.000	1	0.265	0.611
坡向 Slope aspect	4	0.305	0.868	4	0.188	0.939
年份×坡向 Year×Slope aspect	9	139.711	0.000	9	0.329	0.955

2.4　不同海拔高度与虫瘿种群数量的关系

不同海拔高度有性世代虫瘿密度见表 3、表 4。随着海拔的升高，无论是有性世代的虫瘿、还是无性世代的虫瘿数量逐渐减少，特别是在 900 m 以上海拔，发生数量显著降低。2012—2013 年的 F-检验表明（表 5），海拔和年份的交互作用分析显示，不同海拔对栎空腔瘿蜂无性世代虫瘿数量有显著影响（P=0.05），对有性世代虫瘿数量有极显著性差异（P＜0.01），年份对无性世代虫瘿数量有极显著影响，对有性世代虫瘿数量影响不显著（P＞0.05）。年份×海拔无论对有性世代虫瘿还是无性世代虫瘿都有极显著差异（P＜0.01）。

表 3　2012 年栎空腔瘿蜂在不同海拔高度虫瘿数量
Table 3　Number of *Trichagalma acutissimae* at different altitude in 2012

海拔（m）Altitude	有性世代 Sexual generation	无性世代 Asexual generation
487	36.3±11.24 ab	553±114.83 a
675	41.2±10.96 a	518±58.62 a
653	25.4±12.82 b	506±55.84 a
678	19.0±10.19 b	353±109.90 a
973	5.6±4.83 c	158±10.86 b
917	10.4±5.73 c	153±29.81 b
1 310	8.6±4.77 c	167±30.48 b

数据后标有不同小写字母表示在 5%水平有显著差异。下表同。
Data followed by different letters indicate significant difference at 0.05 level.

表 4　2013 年栎空腔瘿蜂在不同海拔高度虫瘿数量
Table 4　Number of *Trichagalma acutissimae* at different altitude in 2013

海拔（m）Altitude	有性世代 Sexual generation	无性世代 Asexual generation
487	35.8±15.99 a	78.2±20.29 a
675	29.8±12.03 a	87.2±19.11 a
653	36.4±15.22 a	69.2±38.30 a
678	26.8±10.50 b	57.6±45.65 a
973	8.2±5.17 b	15.4±14.47 b
917	10.2±7.19 b	11.0±11.54 b
1 310	0.2±0.45 b	1.6±3.58 b

表 5　不同海拔虫瘿数量调查及 F 值检验
Table 5　Effect of altitude and year on number of *Trichagalma acutissimae* and *F* test

因素 Factor	无性世代 Asexual generation			有性世代 Sexual generation		
	df	*F*	*P*	*df*	*F*	*P*
年份 Year	1	93.733	0.000	1	0.001	0.977
海拔 Altitude	6	3.503	0.005	6	15.016	0.000
年份×海拔 Year ×Altitude	13	76.973	0.000	13	7.634	0.000

2.5　幼龄林与成龄林距离与无性世代虫瘿种群数量的关系

首先对幼龄林根据与成龄林距离的远近分为三段，一段是距离成龄林 100 m 左右，一段是距离 500 m 左右，一段是距离 1 000 m 左右的幼龄林，统计各无性世代虫瘿种群数量，如表 6 所示。100 m 内幼龄林及成龄林无性世代虫瘿发生数量最大，距离 500 m 以外的幼龄林无性世代虫瘿发生数量小，而 1 000 m 外的幼龄林几乎没有虫瘿出现（表 6）。

表 6　幼龄林与成龄林距离与栎空腔瘿蜂无性世代虫瘿数量
Table 6　Number of asexual generation of *Trichagalma acutissimae* in different distance

距离 Distance	2012	2013
幼龄林 Young forest（100 m）	486.2±76.04 a	78.2±25.23 a
幼龄林 Young forest（500 m）	143.6±18.19 b	0.0±0.00 b
幼龄林 Young forest（1 000 m）	0.0±0.00 c	0.0±0.00 b
成龄林 Adult forest	463.2±44.54 a	87.4±29.47 a

2.6　有性世代与无性世代种群数量的相关性分析

栎空腔瘿蜂有性世代虫瘿数量与无性世代虫瘿数量密切相关，2012 年，栎空腔瘿蜂无性世代数量与有性世代数量之间关系如图 6，其一元线性回归方差为：$y = 15.80x + 46.85$，$r = 0.939$。2013 年，栎空腔瘿蜂无性世代数量与有性世代数量之间关系如图 7，其一元线性回归方

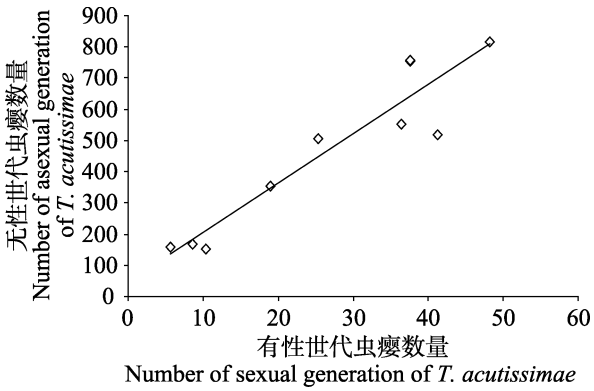

图 6　2012 年栎空腔瘿蜂有性世代虫瘿与无性世代虫瘿回归关系

Fig. 6　The correlation between population number of sexual generation and asexual generation in 2012

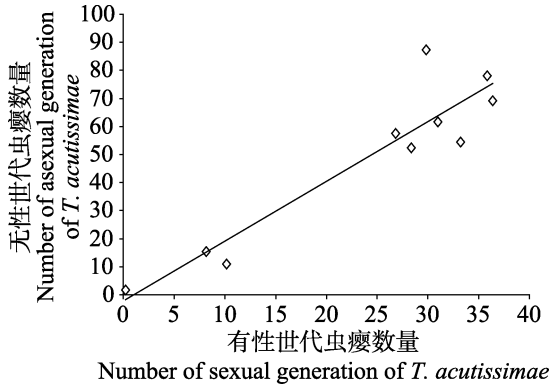

图 7　2013 年栎空腔瘿蜂有性世代虫瘿与无性世代虫瘿回归关系

Fig. 7　The correlation between population number of sexual generation and asexual generation in 2013

差为：$y = 2.128x - 2.186$，$r = 0.930$。两年的回归分析表明，有性世代和无性世代虫瘿数量存在较强正相关关系。

3　讨论

从不同年份栎空腔瘿蜂种群数量动态变化规律分析，种群数量的变动趋势逐渐变小，特别是 2013 年以后，由大量发生状态突然大量减少，后逐渐变为零星发生状态，分析认为，栎空腔瘿蜂种群数量及死亡率与气象因子之间有密切关系，其中，4 月中旬气温对虫瘿密度有着重要影响（王景顺等，2015）。分析 2012 年至 2016 年气象数据并结合野外调查（图 8），显然，2013 年 4 月出现了一次异常低温，该次倒春寒（降温）出现在 4 月中旬，温度接近 0℃，由于该虫有性世代成虫羽化时间为 4 月 10 日—20 日之间，羽化时间非常集中，造成栎空腔瘿蜂有性世代成虫大量死亡。这也印证昆虫种群数量调节机制的气候学派理论观点，生态因子如天气条件通过影响昆虫的发育和存活来决定种群密度以及波动（张国安和赵惠燕，2012）。也就是说，在其有性世代羽化期，极端低温是抑制该种群暴发的重要气象因子。这种极端天气在此后几年没有出现，但种群数量没有上升，而且还有下降的趋势，那么，天敌对该种群是否也起到一定的控制作用，有待更深一步的研究。

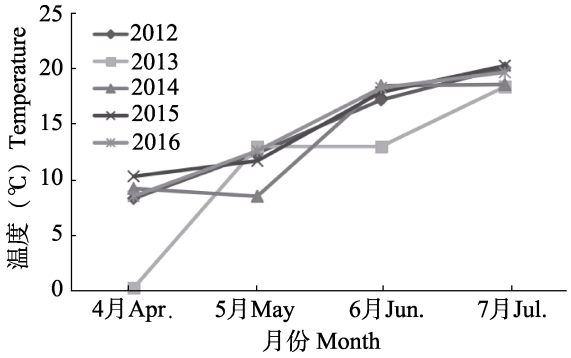

图 8　2012—2016 年林州市 4 月至 7 月的月最低气温曲线

Fig. 8　Month minimum temperature change curve from April to July in Linzhou city during 2012-2016

通过对不同坡位、坡向、海拔的虫瘿数量分析发现，栎空腔瘿蜂发生与海拔高度发生密切。分析原因，海拔高度通过影响水热条件，影响栓皮栎的分布和生长，进而影响栎空腔瘿蜂种群的发生。在南太行山区，500~800 m 海拔地区为栓皮栎适生区，是南太行山天然次生林的主要优势种群，形成了大面积的栓皮栎纯林，为栎空腔瘿蜂提供了较好的食物资源。因此造成纯林虫瘿密度较大，危害重。随着海拔的增高，栓皮栎逐渐减少，与油松等其他树种混交生长，其发生危害程度逐渐减轻。因此，一定海拔高度纯林是其栎空腔瘿蜂暴发成灾的重要生态条件。

幼龄林无性世代虫瘿密度与距离成龄林远近有密切关系，幼龄林距离成龄林距离越远，无性世代虫瘿数量越少，分析原因，栎空腔瘿蜂 1

年 2 代，有性世代与无性世代交替进行，其扩展蔓延主要靠成虫主动扩散为主，无性世代成虫羽化时间为 11 月到 12 月份，但由于成虫飞行能力较弱，因此，其扩散范围十分有限。而有性世代虫瘿只能发生在花序上，因此，栎空腔瘿蜂要完成生活史，能开花的成龄树是其必要的条件。4 月下旬，有性世代虫瘿羽化出孔后，雌虫飞到附近的嫩叶上，在叶脉处产卵，有性世代成虫具有一定的飞行能力，是该虫向周围扩散的重要原因，但其飞行能力也较弱，造成了栎空腔瘿蜂在幼树上的危害只能在成龄树附近，而且越接近成树，发生越严重，幼树距离成龄林越远，其危害越轻，总体来说，其每年最大扩展蔓延速度不超过 1 000 m。

4 结论

不同坡位、坡向对其有性世代和无性世代虫瘿密度影响不显著，不同海拔高度虫瘿数量存在显著差异。不同年份之间虫瘿数量差异显著，4 月中旬的倒春寒的有无及强度是决定其种群数量的重要气象因子。栎空腔瘿蜂种群扩展蔓延，主要是靠有性世代成虫的扩展，而其飞行能力，决定了其向周围的扩展蔓延速度。

参考文献 (References)

Abe Y, 2006. Taxonomic status of the genus *Trichagalma* (Hymenoptera: Cynipidae), with description of the bisexual generation//Ozaki K, Yukawa J, Ohgushi T, Price PW (eds.). Tokyo: Galling Arthropods and Their Associates Springer. 288–295.

Abe Y, Melika G, Stone GN, 2007. The diversity and phylogeography of cynipid gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) of the Oriental and Eastern Palearctic Regions, and their associated communities. *Oriental Insects*, 41(1): 169–212.

Melika G, Pujade-Villar J, Abe Y, Tang CT, Nicholls J, Wachi N, IdeT, Yan MM, Pénzes Z, CsókaG, Stone GN, 2010. Palaearctic oak gall wasps galling oaks (*Quercus*) in the section Cerris: re-appraisal of generic limits, with descriptions of new genera and species (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini). *Zootaxa*, 2470: 1–79.

Pujade-VillarJ, Wang JS, 2012. A new species of the genus *Trichagalma* Mayr from China (Hym.: Cynipidae). *Orsis*, (26): 91–101.

Wang JS, Cui JX, Wu SA, Pujade-Villar J, 2016. Description of the sexual generation of *Trichagalma acutissimae* (Hymenoptera: Cynipidae) and notes on its heterogonic life cycle. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 19(2): 405–413.

Wang JS, Wang XH, Pujade-Villar J, Zhang KP, Yao XH, 2013. Morphological character and bionomics of *Trichagalma glabrosa*. *Forest Pest and Disease*, 32(1): 8–11. [王景顺, 王相宏, Pujade-Villar J, 张坤朋, 姚献华, 2013. 栎空腔瘿蜂形态及生物学特性. 中国森林病虫, 32(1): 8–11.]

Wang JS, Wang XH, Wu SA, 2014. Construction and analysis of life table in natural population of oak gall wasp *Trichagalma glabrosa*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 30(28): 29–33. [王景顺, 王相宏, 武三安, 2014. 栎空腔瘿蜂自然种群生命表的组建与分析. 中国农学通报, 30(28): 29–33.]

Wang JS, Wang CX, Wang XH, Wu SA, 2015. Population dynamics of *Trichagalma glabrosa* and its relationships with climate factors. *Forest Pest and Disease*, 34(4): 22–25. [王景顺, 王彩霞, 王相宏, 武三安, 2015. 栎空腔瘿蜂种群动态及与气象因子的关系. 中国森林病虫, 34(4): 22–25.]

Wang JS, Wang XH, Zhang KP, 2015. Efficacy test of foliar spraying against *Trichagalma glabrosa*. *Journal of Anyang Institute of Technology*, 14(4): 81–82, 88. [王景顺, 王相宏, 张坤朋, 2015. 叶面喷雾防治栎空腔瘿蜂药效试验. 安阳工学院学报, 14(4): 81–82, 88.]

Wang JS, Zhang KP, Wang XH, Wu SA, 2016. Spatial distribution of gall wasp *Trichagalma glabrosaon* on cork oak *Quercus variabilis*. *Journal of Henan Agricultural University*, 50(1): 56–59, 65. [王景顺, 张坤朋, 王相宏, 武三安. 2016. 栎空腔瘿蜂虫瘿在栓皮栎上的空间分布. 河南农业大学学报, 50(1): 56–59, 65.]

Zhang GA, Zhao HY, 2012. Insect Ecology and Pest Forecasting. Beijing: Science Press. 92–94. [张国安, 赵惠燕, 2012. 昆虫生态学与害虫预测预报. 北京: 科学出版社. 92–94.]