



陈元生, 罗致迪, 于海萍. 生态因子对赣南桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (2): 351–357.

# 生态因子对赣南桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率的影响

陈元生<sup>\*</sup>, 罗致迪, 于海萍

(江西环境工程职业学院, 江西赣州 341000)

**摘要:** 桉树枝瘿姬小蜂 *Leptocybe invasa* 具有偏雌性的特点, 了解桉树枝瘿姬小蜂的性比规律, 有利于监测和掌控该蜂的种群动态, 便于及时有效防控该蜂。2017 年至 2019 年, 采用在桉树 *Eucalyptus* 林中悬挂黄色粘虫板的方法, 监测、观察桉树枝瘿姬小蜂成虫的发生动态, 通过分析该蜂雄成虫比率及其影响因子, 以弄清生态因子对该蜂雄成虫比率的影响。结果表明, 赣南桉树枝瘿姬小蜂雄成虫平均比率为 2.44% ~ 34.05%, 呈现季节波动性, 在 4–8 月期间, 雄成虫比率随时间推移逐渐上升, 至 7–8 月时达到高峰, 之后 (9–11 月) 呈波浪式缓慢下降趋势。该蜂雄成虫比率与温度密切相关, 在 4–8 月期间, 雄成虫比率与月平均温度呈极显著正相关关系 ( $r = 0.87, P < 0.01$ ), 而在 9–11 月期间, 则随温度下降而缓慢下降; 另外, 由于 2019 年的夏秋温度比其它年份更高, 导致 2019 年的雄成虫比率显著高于 2017 年和 2018 年。桉树品种也影响着该蜂性比, 窿缘桉 *E. exserta* 上的该蜂雄成虫比率显著地高于 DH201-2 (*E. grandis* × *E. tereticornis*) 和大叶桉 *E. robusta* 上的雄成虫比率 ( $P < 0.01$ )。桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率与其种群动态存在一定关系, 雄成虫比率与其成虫数量呈弱负相关关系。

**关键词:** 桉树枝瘿姬小蜂; 桉树; 赣南; 雄成虫比率; 生态因子; 温度; 寄主植物; 性比

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 02-0351-07

## Effect of ecological factors on male adult ratio of *Leptocybe invasa* in Southern Jiangxi Province

CHEN Yuan-Sheng<sup>\*</sup>, LUO Zhi-Di, YU Hai-Ping ( Jiangxi Environmental Engineering Vocational College, Ganzhou 341000, Jiangxi Province, China)

**Abstract:** *Leptocybe invasa* has the characteristics of female preference. By mastering the sex ratio of the wasp, it is helpful to monitor and control the population dynamics, and control the wasp in time and effectively. Using the method of hanging yellow sticky board in *Eucalyptus* forest to monitor and observe the occurrence trends of adult wasps from 2017 to 2019. By analyzing the male adult ratio and its influencing factors, we could find out the influence of ecological factors on the male adult ratio of *L. invasa*. The results showed that the male adult ratio of *L. invasa* showed seasonal fluctuation, with an average ratio of 2.44% ~ 34.05%. From April to August, the ratio of male adults gradually increased with time, and reached the peak from July to August. However, from September to November, the ratio of male adults decreased slowly in a wave pattern. The male adult ratio of the wasp was closely related to temperature. There was a significant positive correlation between male adult ratio and monthly average the temperature ( $r = 0.87, P < 0.01$ ) from April to August, while it decreased slowly with the temperature drop from September to November. In addition, as the temperature in summer and autumn in 2019 was

基金项目: 江西省科技支撑计划项目 (20132BBF60035); 江西省林业科技创新项目 (赣林科字 [2017] 106 号 201713)

<sup>\*</sup> 通讯作者 Author for corresponding: 陈元生, 博士, 教授, 从事昆虫生物学和森林病虫害防治研究, E-mail: cys0061@163.com

收稿日期 Received: 2020-02-16; 接受日期 Accepted: 2020-04-21

higher than that in other years, the male adult ratio in 2019 was significantly higher than that in 2017 and 2018. *Eucalyptus* varieties also affected the male adult ratio of the wasp, the male adult ratio on *E. exserta* was significantly higher than that on DH201-2 and *E. robusta* ( $P < 0.01$ ). There was a certain relationship between male adult ratio and population dynamics, and the male adult ratio had a weak negative correlation with the number of adults.

**Key words:** *Leptocybe invasa*; *Eucalyptus*; Gannan; male adult ratio; ecological factor; temperature; host plant; sex ratio

昆虫的性比是昆虫的生物学特性之一,是决定昆虫种群消长的重要因素之一,主要由其基因所调控,同时也受到外界生态环境的影响而发生一定幅度的波动,即昆虫的性比受遗传和外界因子的共同影响,在多化性昆虫中,气候(特别是温度)、食物等生态因子明显地影响着昆虫的性比高低(章士美和杨明旭,1986)。昆虫性比的研究一直是昆虫研究的热点之一,生态环境因子对昆虫性比影响的研究,国内外也有不少报道(何丽芬等,1990; Van Giessen *et al.*, 1995; 秦启联等, 2001; 吕增印等, 2008; 原建强和李欣, 2008; 但建国等, 2009), 但涉及桉树枝瘿姬小蜂 *Leptocybe invasa* 性比影响因素的研究却鲜有报道。

桉树枝瘿姬小蜂是危害桉属 *Eucalyptus* 植物枝叶的重要危险性致瘿害虫,已在广西、广东、海南、福建、台湾、四川、云南、江西赣南等省区造成不同程度危害(张华峰等,2013; 曾凡玉等, 2015; 陈元生等, 2016)。该蜂于 2000 年在中东地区首次被发现,当时只有雌虫。Doganlar (2005) 首次在土耳其发现了雄成虫,雄成虫比率仅为 0.8%。之后,国内陆续发现了该蜂雄成虫的存在(陈华燕等,2009; 秦勇, 2009; 梁一萍等, 2010; 朱方丽等, 2013), 但比例均很低,陈华燕等(2009) 调查发现广东的雄成虫比率为 0.79%,海南的雄成虫比率为 0.5%,存在地区差异。说明桉树枝瘿姬小蜂具有偏雌性、行孤雌生殖的特点,但随着雄虫的出现,两性生殖的发生,雄成虫的比率是否将逐渐提升? 朱方丽等(2013) 报道在广州该蜂雄成虫比率达到 6% 左右。梁一萍等(2010) 观察到该蜂雄成虫比率却高达 18% ~ 48%, 且在不同树种(巨园桉 *E. grandis* × *E. tereticornis* DH201-2 和窿缘桉 *E. exserta*) 和不同时间(9 月与 10 月) 间差异极显著。说明该蜂雄虫比率确实提升了且存在波动性。那么在江西赣南,该蜂雄成虫情况如何,这种雄成虫比率的波动性产生的原因是什么? 国内未见报道。为探明桉树

枝瘿姬小蜂雄成虫在赣南发生情况,笔者对桉树枝瘿姬小蜂种群动态及雄成虫比率与桉树品种、生态因子等的关系进行了多年的系统调查研究,以弄清生态因子对该蜂雄成虫比率的影响,以期找出主导因子,为制定桉树枝瘿姬小蜂监测与防治策略提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间、地点及品种

试验时间: 2017 年 4 月至 2019 年 11 月。

试验地点: 江西环境工程职业学院校园内桉树林; 江西省赣州市峰山国家森林公园。

品种(品系): 赣南桉树枝瘿姬小蜂发生比较严重的 2~3 a 生的巨园桉 DH201-2、大叶桉(*E. robusta*) 和窿缘桉。

### 1.2 试验方法

于每年 4 月 16 日至 11 月 20 日,在上述 3 个桉树品种林内,通过悬挂佳多牌黄色粘虫板(鹤壁佳多科工贸有限责任公司产品)开展诱虫试验,每品种设 7 块样地(重复 7 次),每样地面积约 667 m<sup>2</sup>,每样地悬挂粘虫板 1 张(25 cm × 20 cm),悬挂高度为 2 m,粘虫每面使用 10 d,每张粘虫板使用 20 d 后即刻换一块同色粘虫板。每 5 d 调查、检查 1 次粘虫板上的成虫数量,采用在便携式光电显微镜(型号 MG10085-1A,义乌市美格光学仪器有限公司)下观察成虫性别,分别记录雌雄成虫数量,统计分析成虫种群动态及雄成虫比率(雄成虫数量与相应成虫总数量之百分率)。用温湿度计,记录试验林地每天的温度、湿度等气象情况,分析其月均温、相对湿度等因子。

### 1.3 实验数据分析

数据分析处理: 应用 SPSS 13.0 统计软件进行差异显著性检验、相关分析、方差分析(one-way ANOVA) 和线性回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 桉树枝瘿姬小蜂雄成虫消长动态

在不同寄主 (DH201-2、大叶桉和窿缘桉)、不同时间 (2017-2019 年) 观察到的桉树枝瘿姬小蜂雄成虫所占比率情况见图 1。

在这 3 个品种、3 年试验中, 雄成虫比率在 4-11 月表现出相似的趋势曲线图 (似呈抛物线形), 即从 4 月开始随时间推移, 雄成虫占比逐渐上升, 至 7-8 月达到一年中的高峰, 然后又缓慢下降 (图 1-A, C)。以窿缘桉林中诱到的该蜂雄成虫比率 (图 1-C) 为例, 方差分析 (one-way ANOVA) 结果显示: 该蜂雄成虫比率在 4-11 月

的各月份间波动性较大 ( $F = 66.4433, df = 7/122, P = 0.0000 < 0.01$ ), 在 4-8 月, 随时间推移, 该蜂雄成虫比率呈逐渐上升: 4 月份雄成虫比率最低  $5.30\% \pm 1.01\%$ , 显著低于其它月份 ( $P < 0.01$ ); 7 月和 8 月的雄成虫比率最高, 分别达  $29.74\% \pm 6.43\%$  和  $34.05\% \pm 3.91\%$ , 两者差异未达显著水平, 但两者均显著高于其它月份 ( $P < 0.01$ )。而在 9-11 月, 随时间推移, 该蜂雄成虫比率呈下降趋势: 9 月略有下降,  $22.48\% \pm 3.87\%$ , 10 月又有一个小高峰 (平均  $24.80\% \pm 3.17\%$ ), 但 9 月与 10 月间的差异未达显著水平; 11 月的雄成虫比率为  $16.45\% \pm 5.15\%$ , 与 6 月相当 ( $17.65\%$ ), 但与 10 月的差异达极显著水平 ( $P < 0.01$ )。

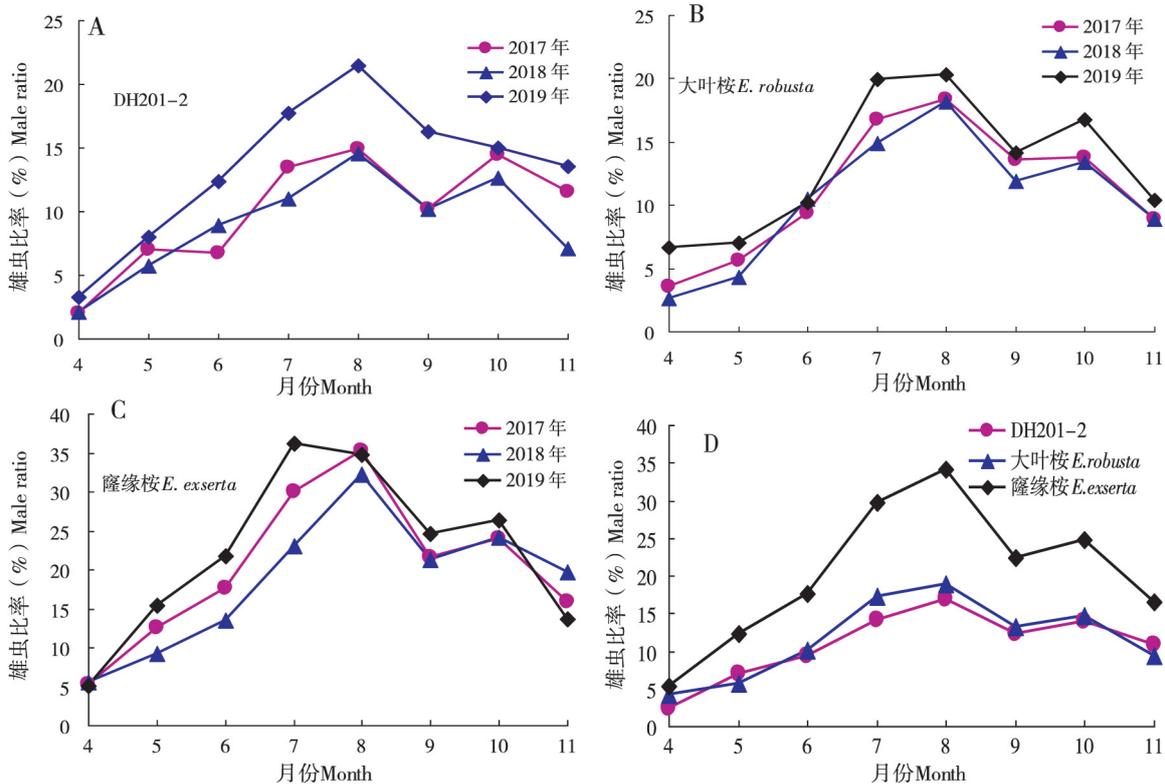


图 1 不同寄主、不同时间下桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率比较

Fig. 1 Comparison of the male ratio of adult wasps in different hosts and time

### 2.2 寄主植物对桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率的影响

不同树种上该蜂雄成虫比率也存在较大的差异 (图 1-D), 窿缘桉上的桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率各月均最高, 平均为  $21.79\% \pm 9.53\%$ , 在 5-11 月, 窿缘桉上的各月雄成虫比率均极显著地高于同时期的 DH201-2 和大叶桉上的该蜂雄成虫比率 ( $F = 78.3035, df = 2/368, P = 0.0000 < 0.01$ ), 大叶桉上的该蜂雄成虫比率 ( $12.38\% \pm 5.99\%$ ) 略高于 DH201-2 上的雄成虫比率 ( $11.49\% \pm 5.19\%$ ), 两者差异未达显著水平

( $P > 0.05$ )。

### 2.3 月平均气温对桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率的影响

从不同年份该蜂雄成虫比率来看 (图 1-A, C), 同一桉树林中, 2019 年的该蜂雄成虫比率最高, 其次是 2017 年, 最低的是 2018 年的该蜂雄成虫比率。以 DH201-2 桉树林上的桉树枝瘿姬小蜂为例, 2019 年的该蜂雄成虫比率为  $14.21\% \pm 5.46\%$ , 显著高于 2017 年和 2018 年 ( $P < 0.01$ ), 2017 年的比率 ( $10.53\%$ ) 略高于 2018 年的比率

(9.73%)，但两者间差异未达显著水平 ( $P > 0.05$ )。

以每年4-11月的每月平均气温与对应的雄成虫比率为两对应变量进行相关性分析及回归分析，分析了月均气温和桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率间的关系，结果(见表1、图2)是：DH201-2桉树林上的该蜂雄成虫平均比率与月平均温度呈微弱的正相关关系，相关性不显著 ( $P > 0.05$ )，而大叶桉、窿缘桉上的雄成虫比率却与月平均温度呈显著正相关关系 ( $P < 0.05$ )。在4-8月期间，3种桉树上的该蜂雄成虫比率均与月平均温度呈现

极显著正相关关系 ( $r = 0.8707 \sim 0.8766$ ,  $P = 0.0000 < 0.01$ ) (图2)，而在9-11月期间，却呈现相反的关系，但负相关不明显 ( $P < 0.05$ )。

2019年4-11月月均温平均值 ( $25.82 \pm 4.79^\circ\text{C}$ ) 分别比2017年 ( $24.90 \pm 4.76^\circ\text{C}$ )、2018年 ( $24.48 \pm 4.73^\circ\text{C}$ ) 高  $0.92^\circ\text{C}$ 、 $1.34^\circ\text{C}$ ，但差异未达显著水平 ( $P > 0.05$ )。由此导致各品种桉树林上的该蜂雄成虫比率2019年也比2017年、2018年略高。进一步证明，桉树枝瘿姬小蜂雄成虫的出现与温度密切相关(表1)。

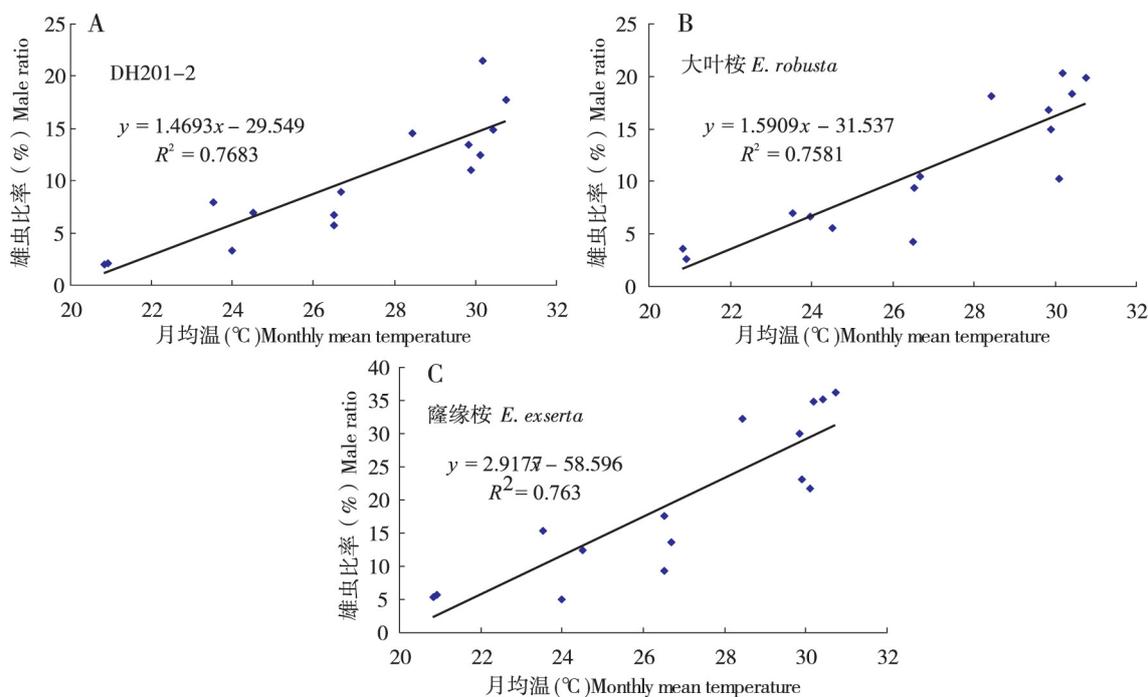


图2 4-8月的月平均温度和桉树枝瘿姬小蜂成虫雄性比率间的关系

Fig. 2 Corelation between the average monthly temperature from April to August and the adult male ratio of the wasp

表1 月平均气温和桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率的关系分析

Table 1 Analysis of the relationship between the monthly average temperature and the male ratio of the adult wasp

品种 Variety	年份 Year	雄虫比率 (%) Male ratio	月平均气温 (°C) Monthly average temperature	相关系数 R	P 值 Sig.	回归方程 Regression equation
DH201-2	2017	10.53 ± 4.51 a	24.90 ± 4.76 a	0.3945	0.056	y = 0.4271x + 0.1270
	2018	9.73 ± 4.51 a	24.48 ± 4.73 a			
	2019	14.21 ± 5.46 b	25.82 ± 4.79 a			
大叶桉 <i>E. robusta</i>	2017	11.95 ± 5.91 a	24.90 ± 4.76 a	0.5257	0.0083	y = 0.5955x - 3.2588
	2018	11.34 ± 6.19 a	24.48 ± 4.73 a			
	2019	13.84 ± 5.71 a	25.82 ± 4.79 a			
窿缘桉 <i>E. exserta</i>	2017	21.74 ± 9.55 a	24.90 ± 4.76 a	0.5346	0.0071	y = 1.091x - 6.9952
	2018	19.61 ± 8.95 a	24.48 ± 4.73 a			
	2019	24.02 ± 9.79 a	25.82 ± 4.79 a			

注：表中同一桉树品种下不同列数据后不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。Note: Different letters after the same column of data under the same *Eucalyptus* variety show significant differences ( $P < 0.05$ ).

### 2.4 桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率与成虫总量的关系

桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率与其对应的雌雄成虫总量的关系见图 3。在试验的 3 个桉树林中, 该蜂成虫总量在 5 月上旬至 6 月上旬、9 月下旬至 10 月下旬分别达到高峰, 7 月上旬至 9 月上旬是成

虫总量的低谷, 而雄成虫比率曲线却恰好相反, 比率高峰值 7 月上旬至 8 月下旬, 即该蜂雄成虫比率均与其成虫总量呈现负相关关系 ( $P < 0.01$ ), 但这种负相关关系很微弱 (相关系数小于 0.39) (图 3), 表明该蜂雄成虫比率与其种群动态存在一定的负相关, 但不显著。

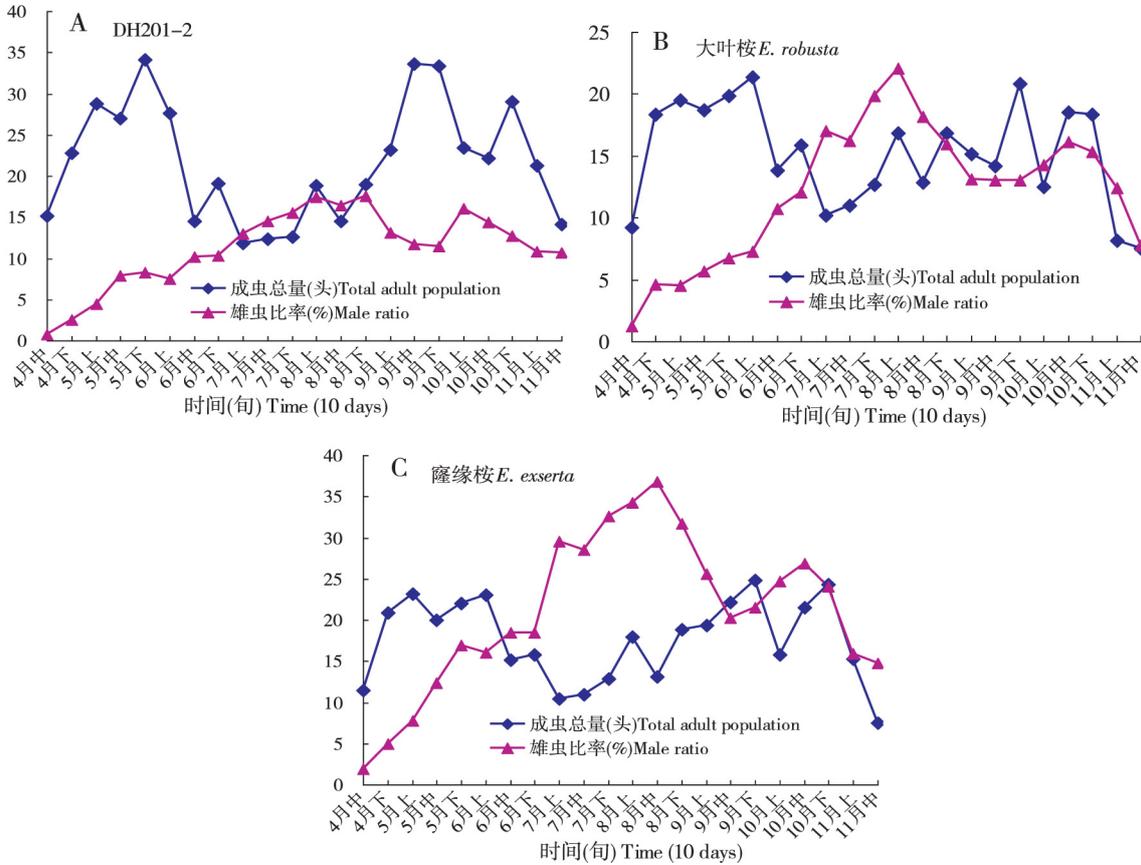


图 3 桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率与成虫总数量的关系  
Fig. 3 Correlation between male adult ratio and total number of adults

### 3 结论与讨论

众所周知, 桉树枝瘿姬小蜂具有偏雌性的特点, 在新入侵地, 该蜂往往只有雌虫, 行孤雌生殖, 随着其对新入侵地环境的适应、种群数量的逐渐增多, 开始分化出现雄成虫, 但此时雄成虫比率较低, 如该蜂 2007 年入侵中国, 当时只有雌虫, 2009 年相继报道有雄成虫的出现, 但雄成虫的比率只有 0.5% ~ 0.8% (陈华燕等, 2009), 之后, 随着两性生殖的出现, 各地雄成虫的比率逐渐升高, 梁一萍等 (2010) 报道在广州该蜂雄成虫比率可以达到 18% ~ 48%, 而本研究也观察到, 赣南桉树枝瘿姬小蜂月平均雄成虫比率为

2.44% ~ 34.05%, 这说明桉树枝瘿姬小蜂在不同地区、不同时期, 其性比存在显著差异, 但是否说明该蜂存在地理变异? 有待进一步研究。

桉树枝瘿姬小蜂的另一个特点是种群性比呈季节波动性, 本实验也证明了这一点。在赣南, 该蜂在 4 - 8 月间随时间推移, 其雄成虫比率逐渐上升, 7 - 8 月达到高峰, 之后呈波浪式下降, 呈现季节波动性。这一结果与梁一萍等 (2010) 的报道相似。产生这种波动的原因之一, 可能是受温度和食物的影响。

在寄生类、钻蛀类昆虫中, 由于其大部分时期 (卵至蛹期) 均在寄主体内生活, 受外界光、湿、风的影响较小, 主要受温度和寄主条件影响, 所以温度和寄主条件是影响此类昆虫生物学特性

的主要生态因子,而昆虫的性比是昆虫的生物学特性之一,由此产生了性比失调的温度依赖性、寄主依赖性、食物调节型等(费世民等,2011)。马春森等(2005)认为,对于多数昆虫来说,雄成虫更偏好较高温度,高温容易诱发产生雄成虫,低温容易诱发产生雌成虫。如半闭弯尾姬蜂 *Diadegma semiclaufsum*,在 15~25℃条件下,其后代雄成虫比率较低,而温度高于 25℃时,雄成虫比率明显升高(原建强和李欣,2008)。本研究也得到类似的结果,在 4-8 月期间,3 种桉树上的桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率均与月平均温度呈极显著正相关关系(图 2),而在 9-11 月期间,则随温度下降而缓慢下降。另外,由于 2019 年的夏秋温度比其他年份更高,导致 2019 年的雄成虫比率显著高于 2017 年和 2018 年。由此得出,赣南桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率与温度密切相关,是否可推断:桉树枝瘿姬小蜂是性比失调的温度依赖性?有待深入研究。

昆虫一般在气候适宜的情况下,食物条件是影响其性比的重要因素,食物丰富时,昆虫群体增长快,雌成虫比率相对更高,而食物缺乏时,昆虫数量下降,雄成虫比率上升(章士美和杨明旭,1986)。例如,徐世多等(1983)研究发现,马尾松毛虫 *Dendrolimus punctatus* 在饥饿条件下存在明显的雄性化倾向,在饥饿试验条件下雄虫比率可达 33%,而在食物丰富时雄虫比率只有 5%左右。梁一萍等(2010)、陈尚文等(2009)调查发现,桉树枝瘿姬小蜂在桉树林地植被少、食物条件下降时,容易增加雄性分化,雄成虫比率升高,两性生殖扩大。本实验也得到类似的结果,窿缘桉上的桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率显著地高于 DH201-2 和大叶桉上的雄成虫比率(图 1-D),这可能是与食物丰富度有关:在赣南,DH201-2 和大叶桉是其主栽品种,面积大,食物丰富,而窿缘桉数量较少,相对来说,食料不足,所以在窿缘桉上的桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率上升得更快、数量更多。这与梁一萍等的结果一致。除了食物丰富度原因,是否还与桉树品种本身的化学物质不同有关?有待深入研究。

另外,昆虫的性比也是影响昆虫成虫数量消长的重要因素之一,如 Van Giessen 等(1995)研究发现,在番茄和野生多毛番茄上,温室粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* 的性比与种群数量之间呈正相关关系,性比对其种群动态影响明显(Van

Giessen *et al.*,1995)。本试验结果显示,桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率与其种群动态也存在一定关系,该蜂雄成虫比率与其成虫数量呈现弱的负相关关系。存在这种关系的原因及机理有待进一步研究。

综上所述,在江西赣南,桉树枝瘿姬小蜂存在相对较高的雄成虫比率,且呈季节性波动。决定赣南桉树枝瘿姬小蜂雄成虫比率的生态因子是多方面的,温度和寄主植物是其主要的生态因子,特别是月平均温度对其性别决定有强烈的影响。本实验仅从宏观上即从大量的林间调查资料中去分析、获得桉树枝瘿姬小蜂性比的规律及与生态因子的关系,未能从微观上即从该蜂本身的遗传调控角度去研究其性比的实质,有待下一步深入开展,以便真正掌握该蜂的性比波动真相,从而利用这些原理调控其性比,以达到该蜂的综合治理目的。

本研究采用黄色粘虫板进行林间监测所获得的成虫动态和雄成虫比率,与本项目组前期采用采集虫瘿枝叶至室内养虫笼饲养、至成虫羽化肉眼观察所获得的结果基本一致,表明桉树枝瘿姬小蜂成虫对黄色粘虫板这一特定色谱具有强烈趋性(陈元生等,2020),且对雌雄成虫均具有较好的诱杀效果,也说明本研究所获雄成虫比率等数据是可靠的,真实反映了林间虫情动态。

## 参考文献 (References)

- Chen HY, Yao JM, Xu ZF. First description of the male of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) from China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2009, 31 (3): 285-287. [陈华燕,姚婕敏,许再福.桉树枝瘿姬小蜂雄虫在中国的首次发现 [J]. 环境昆虫学报, 2009, 31 (3): 285-287]
- Chen SW, Qin Y, Liang YP. The evolution and appearance of bisexual reproduction and the preliminary description of male adults of *Leptocybe invasa* [J]. *Exploration of Modern Education and Teaching*, 2009, 7: 105-106. [陈尚文,秦勇,梁一萍.桉树枝瘿姬小蜂两性生殖的演化出现及雄成虫初步描述 [J]. 现代教育教学探索, 2009, 7: 105-106]
- Chen YS, Cai RY, Luo ZD, *et al.* Study on population physical monitoring technology of *Leptocybe invasa* on *Eucalyptus* spp. in Southern Jiangxi Province [J]. *Journal of Modern Agricultural Science and Technology*, 2020, 4: 93-95, 97. [陈元生,蔡润玉,罗致迪,等.赣南桉树枝瘿姬小蜂种群物理监测技术研究 [J]. 现代农业科技, 2020, 4: 93-95, 97]
- Chen YS, Luo ZD, Yu HP. Effects of meteorological factors on adult population numbers of *Leptocybe invasa* in Southern Jiangxi Province [J]. *China Plant Protection*, 2016, 36 (8): 41-45. [陈元生,罗致迪,于海萍.气象因子对赣南桉树枝瘿姬小蜂成虫发生量

- 的影响 [J]. 中国植保导刊, 2016, 36 (8): 41 - 45]
- Dan JG, Chen JP, Fu YG. Analysis of factors affecting sex ratio of major species of whiteflies in agriculture and forestry [J]. *Journal of Tropical Crops*, 2009, 30 (8): 1125 - 1131. [但建国, 陈菊培, 符悦冠. 主要农林粉虱性比变化影响因素剖析 [J]. 热带作物学报, 2009, 30 (8): 1125 - 1131]
- Doganlar O. Occurrence of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle 2004 (Hymenoptera: Chalcidoidea) on *Eucalyptus camaldulensis* in Turkey, with a description of the male sex [J]. *Zoology in the Middle East*, 2005, 35: 12 - 114.
- Fei SM, He YP, He F, et al. Researches on the distortion of sex ratio in dioecism population and its controlling hypothesis [J]. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2011, 32 (2): 23 - 37. [费世民, 何亚平, 何飞, 等. 雌雄异体生物种群的性比失调及其调控研究现状 [J]. 四川林业科技, 2011, 32 (2): 23 - 37]
- He LF, Qiu HG, Fu WJ, et al. Factors affecting the sex ratio of *Trichogramma dendrolimus* [J]. *Natural Enemies of Insects*, 1990, 12 (2): 66 - 70. [何丽芬, 邱鸿贵, 符文俊, 等. 影响松毛虫赤眼蜂性比的因素 [J]. 昆虫天敌, 1990, 12 (2): 66 - 70]
- Liang YP, Li JY, Wen XJ, et al. Observation on the male ratio of *Leptocybe invasa* adult [J]. *Forest Pest and Disease*, 2010, 29 (5): 21 - 23. [梁一萍, 李吉跃, 温秀军, 等. 桉树枝瘿姬小蜂成虫雄性比例观察 [J]. 中国森林病虫, 2010, 29 (5): 21 - 23]
- Lu ZY, Yang JQ, Huang JC, et al. Impact factors determining offspring sex ratio of *Fopius vandenboschi* [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2008, 21 (3): 225 - 228. [吕增印, 杨建全, 黄居昌, 等. 影响布氏潜蝇茧蜂子代性比的因素 [J]. 福建林学院学报, 2008, 21 (3): 225 - 228]
- Ma CS, Ma G, Du Y, et al. Current status and future perspectives for behavioural response of insects to temperature gradient [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (12): 3390 - 3397. [马春森, 马罡, 杜尧, 等. 连续温度梯度下昆虫趋温性的研究现状与展望 [J]. 生态学报, 2005, 25 (12): 3390 - 3397]
- Qin QL, Wang JY, Xu SX, et al. Impact factors determining offspring sex ratio of *Microplitis mediator* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2001, 17 (4): 155 - 158. [秦启联, 王金耀, 徐世新, 等. 影响中红侧沟茧蜂后代性比的因素 [J]. 中国生物防治, 2001, 17 (4): 155 - 158]
- Qin Y. Three adult species of *Leptocybe invasa* were found [J]. *Guangxi Tropical Agriculture*, 2009, 5: 78 - 79. [秦勇. 发现桉树枝瘿姬小蜂 3 种成虫体 [J]. 广西热带农业, 2009, 5: 78 - 79]
- Van Giessen WA, Mollema C, Elsey KD. Design and use a simulation model to evaluate germplasm for antibiotic resistance to the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) and the sweetpotato whitefly (*Bemisia tabaci*) [J]. *Entomol. Exp. Appl.*, 1995, 76: 271 - 286.
- Xu SD, Xie GL, Jiang JG. A preliminary study on the factors affecting the sex ratio of *Dendrolimus punctatus* larvae [J]. *Forest Pest and Disease*, 1983, 4: 9 - 12. [徐世多, 谢国林, 江建国. 对影响马尾松毛虫幼虫性比因子的初步探讨 [J]. 中国森林病虫, 1983, 4: 9 - 12]
- Yuan JQ, Li X. Studies on the influencing factors of sex ratio of *Diadegma semiclaufsum* Hellén [J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2008, 42 (3): 334 - 336. [原建强, 李欣. 半闭弯尾姬蜂性比的影响因素研究 [J]. 河南农业大学学报, 2008, 42 (3): 334 - 336]
- Zeng FY, Yuan CH, Chen YS. Occurrence and control of *Leptocybe invasa* in southern Jiangxi [J]. *Forestry Science and Technology Communication*, 2015, 7: 51 - 54. [曾凡玉, 袁长洪, 陈元生. 赣南桉树枝瘿姬小蜂的发生与防治 [J]. 林业科技通讯, 2015, 7: 51 - 54]
- Zhang HF, Chen SL, Kang WT, et al. Selection of different *Eucalyptus* strains and colors by *Leptocybe invasa* [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural and Forestry University*, 2013, 30 (6): 904 - 909. [张华峰, 陈顺立, 康文通, 等. 桉树枝瘿姬小蜂对不同桉树品系及颜色的选择 [J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30 (6): 904 - 909]
- Zhang SM, Yang MX. A preliminary study on the sex ratio of insects [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 1986, S3: 8 - 13. [章士美, 杨明旭. 昆虫性比的初步研究 [J]. 江西农业大学学报, 1986, S3: 8 - 13]
- Zhu FL, Qiu BL, Ren SX. The continuous life - table of *Leptocybe invasa* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33 (1): 97 - 102. [朱方丽, 邱宝利, 任顺祥. 桉树枝瘿姬小蜂连续世代种群生命表 [J]. 生态学报, 2013, 33 (1): 97 - 102]