

## 早园竹林 2 种造瘿小蜂及其形成的虫瘿的研究\*

耿显胜, 舒金平, 王浩杰

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

**摘要:**对浙江省德清县早园竹林进行造瘿昆虫危害和虫瘿类型调查,室内解剖和饲养观测虫瘿中的昆虫幼虫及成虫羽化情况。结果表明:(1)营林方式显著地影响造瘿昆虫 2013 年的造瘿率,苍糠覆盖样地造瘿率显著低于未覆盖苍糠的样地。(2)整株竹子上共获得 349 个虫瘿,其中新瘿 291 个,枯瘿 58 个;依据虫瘿的形态特征分成联瘿型、叶片型、叶鞘型、光瘿型和顶生型 5 种类型,其在整株竹子上所占比例分别为 40.12%、30.95%、19.77%、6.01% 和 3.15%。(3)单虫瘿解剖最多可获得 6 头昆虫的幼虫,而联瘿型、叶片型、叶鞘型、光瘿型和顶生型虫瘿的平均幼虫数分别为 1.83、2.88、2.77、1.00 和 2.27。(4)联瘿型、叶片型和叶鞘型虫瘿羽化出 5 种 301 头小蜂,包括竹泰广肩小蜂和刚竹泰广肩小蜂 2 种造瘿昆虫,栗瘿旋小蜂、点腹刻腹小蜂和纹黄枝瘿金小蜂 3 种寄生蜂;竹泰广肩小蜂、刚竹泰广肩小蜂和寄生蜂在 3 种不同类型虫瘿中的比率分别为 59:18:1、70:31:2 和 83:31:6。研究结果将有助于加深对早园竹虫瘿的认识,并为下一步综合防治和生产实践提供理论依据。

**关键词:**早园竹;竹泰广肩小蜂;刚竹泰广肩小蜂;虫瘿;造瘿昆虫

中图分类号:S795

文献标识码:A

### A Study on Two Gall-making Chalcid Wasps and Their Galls in *Phyllostachys praecox* Forest

GENG Xian-sheng, SHU Jin-ping, WANG Hao-jie

(Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

**Abstract:** *Phyllostachys praecox* gall and the incidence of gall-maker and gall types on bamboo were investigated in Deqing County of Zhejiang Province. Different types of gall were dissected and the incidence of adult emergence was counted in the laboratory. The results showed that: (1) The effect of forest management techniques to the current generation (2013) gall induction rate in gall-making insects was significant, and the gall induction rate of sample plot with coverage of rice chaff was significantly lower than that of uncover sample plot. (2) A total 349 galls were collected from a bamboo, including 291 current generation galls and 58 previous generation galls. The galls were separated into five categories in terms of gall phenotypes, i. e., tandem gall, leaf coated gall, leaf sheath gall, bare gall and apical growth gall. These five types of gall accounts for 40.12%, 30.95%, 19.77%, 6.01% and 3.15% in a bamboo, respectively. (3) One gall had maximum of 6 larvae, while the mean larvae amounts per gall of tandem gall, leaf coated gall, leaf sheath gall, bare gall and apical growth gall were only 1.83, 2.88, 2.77, 1.00 and 2.27, respectively. (4) 301 chalcid wasps belonging to 5 species emerged from tandem gall, leaf coated gall and leaf sheath gall, including two gall-maker chalcid wasps (*Tetramesa bambusae* and *T. phyllostrachitis*) and three parasitoid species (*Eupelmus urozonus*, *Ormyrus punctiger* and *Homoporus japonicus*). The ratio of *T. bambusae*, *T. phyllostrachitis* and parasitoid in three types gall were 59:18:1, 70:31:2 and 83:31:6. This study provides the

收稿日期:2014-07-29

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD23B04);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(CAF-YBB2011005-9)

作者简介:耿显胜(1982—),男,河南信阳人,助理研究员,博士,研究方向为森林保护学。

\*本研究中的虫瘿昆虫由浙江大学昆虫研究所唐璞博士后鉴定,谨此致谢。

basis for in-depth understanding of *P. praecox* gall, and emphasizes the theoretically based argument for pest control and production practice.

**Key words:** *Phyllostachys praecox*; *Tetramesa bambusae*; *Tetramesa phyllostrachitis*; gall; galling insects

虫瘿是植物被病毒、细菌、真菌、线虫、螨类和昆虫等寄生,导致植物组织异常的生长和外部形态的改变,从而形成类似肿瘤状的结构<sup>[1-2]</sup>。造瘿者的侵入,显著地影响寄主的光合作用产物的分配和动员、光合作用速率、植物激素和酶的活性、次生代谢物积累和释放等<sup>[1,3-5]</sup>。这些形态和生理上的异常,可为造瘿者提供营养、提供适宜存活的小环境和逃避天敌的攻击<sup>[6]</sup>。

在所有造瘿生物中,昆虫是最主要的类群,有6个目超过13 000种造瘿昆虫<sup>[7-8]</sup>。竹瘿广肩小蜂(*Aiolomorpha rhopaloides* Walker)、竹泰广肩小蜂(*Tetramesa bambusae* Phlips)和刚竹泰广肩小蜂(*T. phyllostrachitis* Gahan)是我国竹子上重要的植食性害虫,三者均以在竹子上形成虫瘿而危害,其危害的竹株营养大量消耗,长势减退,严重影响竹子生长和产量<sup>[9-11]</sup>。竹瘿广肩小蜂主要危害毛竹(*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. de Lehaie)和五月季竹(*Ph. bambusoides* Siebold and Zuccarini),日本学者已对该昆虫的生物学特性、幼虫的快速检测、虫瘿昆虫群落的物种组成和时序动态等作了详细的研究<sup>[12-14]</sup>。竹泰广肩小蜂和刚竹泰广肩小蜂寄主范围比竹瘿广肩小蜂广,并且对早园竹(*Ph. praecox* C. D. Chu et C. S. Chao)、白哺鸡竹(*Ph. dulcis* McClure)等笋用竹造成严重的危害,然而对于这两种小蜂形成虫瘿的特性和虫瘿昆虫群落的研究还不深入。本研究以早园竹虫瘿为对象,通过林间调查结合实验室的虫瘿解剖和羽化出蜂等试验,调查了不同经营方式的早园竹林虫瘿危害情况,明确了早园竹虫瘿的造瘿昆虫和寄生蜂的物种种类及相对数量,研究结果将有助于加深对早园竹虫瘿的认识,并为下一步综合防治和生产实践提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 早园竹虫瘿昆虫危害调查

2014年3月31日至4月1日,在浙江省德清县山民村早园竹林进行造瘿昆虫危害调查。调查时选取4块村民经营的竹龄为10~20a的地块,早园竹均在出笋当年被钩梢。样地1和样地2所在地理位置为119°55'26"E,30°29'53"N,海拔高度为51m。样地1的经营方式为冬季覆盖苍糠,春天采笋和耕

地,未进行病虫害防治;样地2的经营方式为每年春天采笋,之后耕施农药进行地下害虫防治。样地3和样地4所在地理位置为119°54'36"E,30°29'10"N,海拔高度为30m。样地3的经营方式同样地2;样地4的经营方式为春天采笋和耕地,未进行病虫害防治,也未覆盖苍糠处理。

每个样地随机选取60株早园竹,调查约1.8m高处的枝条1盘,统计枝条上虫瘿数量。统计时将虫瘿分成枯瘿和新瘿两类,并分别计数。枯瘿呈枯死状,是2013年以前造瘿昆虫形成但未脱落的虫瘿;新瘿呈绿色,是2013年造瘿昆虫形成的虫瘿。造瘿昆虫的造瘿率为每块样地具有新瘿的竹株数与调查的总竹株数的比值;虫瘿密度为每块样地新瘿的总数量与具有新瘿的竹株枝条总数的比值(个·枝条<sup>-1</sup>)。试验数据采用SPSS 13.0软件进行统计分析和卡方检验( $\chi^2$  test)。造瘿昆虫危害程度分级参照林业有害生物的枝梢害虫危害程度分级标准,即受害株率0%~20%,为轻度;受害株率在20%~50%,为中度;受害株率50%以上,为重度。

### 1.2 造瘿昆虫在早园竹上形成虫瘿类型的调查

2014年3月31日,在未进行病虫害防治,也未进行苍糠覆盖处理的样地砍伐整株竹子。依据虫瘿在小枝上的形态和存在形式,将竹株上的全部虫瘿分成联瘿型、叶片型、叶鞘型、光瘿型和顶生型5种类型。用枝剪剪下虫瘿,统计每种类型虫瘿的数量,计算每种类型虫瘿所占比例。

### 1.3 虫瘿的解剖观察

整株竹子上的虫瘿带回实验室,使用解剖刀对5种类型的部分虫瘿进行解剖观察。统计单个虫瘿中存在幼虫的数量,计算每种类型虫瘿的平均幼虫数量。

### 1.4 虫瘿昆虫物种种类、数量和羽化规律调查

解剖剩余的虫瘿,选取联瘿型62个、叶鞘型57个和叶片型54个,置于指形管(3.6cm×15cm)中,每个指形管最多放置虫瘿35个,使用脱脂棉团将指形管口封闭严实。指形管置于人工气候箱(QHX-300BS-III型,上海新苗医疗器械公司),25℃下暗培养。定期观察虫瘿昆虫的羽化情况,并收集虫瘿昆虫。收集的昆虫于-20℃冰箱放置1h,后用体视显微镜(Motic SMZ168,成像系统为Moticam

2206) 观察和拍照记录。试验从2014年4月2日开始,直到6月上旬不再羽化出蜂为止。

统计每种类型虫瘿的羽化昆虫数量,并对虫瘿昆虫进行物种鉴定。计算虫瘿的平均羽化昆虫数量和造瘿昆虫与寄生蜂数量的比值。

## 2 结果与分析

### 2.1 早园竹虫瘿危害调查

样地1和样地2是同一位点的相邻地块,其2013年造瘿率分别为31.67%和46.67%;而同一位点的相邻地块的样地3和样地4,2013年造瘿率都为70.00%(表1)。依据林业有害生物的枝梢害虫危害程度分级标准,造瘿昆虫对样地1和样地2的早园竹造成中度危害,对样地3和样地4造成重度危害。调查的4块样地,其2013年造瘿率之间有极显著差异( $\chi^2=25.73, df=3, P<0.01$ )。其中,样地1和样地4在2013年造瘿率之间有极显著差异( $\chi^2=17.64, df=1, P<0.01$ )(表1)。在4块样地的新瘿株上,样地1和样地4的新瘿密度相同,都是1.13(个·枝条<sup>-1</sup>),而样地2和样地3的新瘿密度分别为1.52和1.44(个·枝条<sup>-1</sup>)(表1)。

表1 早园竹林中造瘿昆虫危害调查

样地	无虫瘿株	枯瘿株	2013年新瘿株	枯瘿、新瘿共存株	2013年造瘿率/%	新瘿密度/(个·枝条 <sup>-1</sup> )
1	28	13	8	11	31.67	1.13
2	18	14	17	11	46.67	1.52
3	16	2	24	18	70.00	1.44
4	14	4	26	16	70.00	1.13

### 2.2 造瘿昆虫在早园竹上形成虫瘿的类型

依据虫瘿在早园竹上的形态和存在形式,将其分成联瘿型、叶片型、叶鞘型、光瘿型和顶生型5种类型。联瘿型是指由2个虫瘿串联在一起的虫瘿(联瘿型在统计时记录单虫瘿的数量);叶片型是指有未脱落叶片(一般1~3片竹叶)的虫瘿;叶鞘型是指虫瘿上叶片脱落,仅剩叶鞘包被;光瘿型是指虫瘿以枝节着生在竹枝上,无叶片着生,也无叶鞘包被;顶生型是指虫瘿存在小枝的中部,在虫瘿上方还生长有枝节和叶片(图1)。与正常的小枝(图1-A)相比较,5种类型的虫瘿均造成小枝不同程度的落叶,尤其是光瘿型虫瘿(图1-E)和叶鞘型虫瘿(图1-C)落叶更为明显,表明小蜂的造瘿行为致使竹子落叶,影响其光合作用。

整株竹子上虫瘿总数为349个,其中新瘿291个,枯瘿58个。叶片型虫瘿和顶生型虫瘿没有枯瘿

存在,均为2013年形成的新瘿;而光瘿型虫瘿和叶鞘型虫瘿中有较多的枯瘿,这些枯瘿是造瘿昆虫在2013年以前的年份形成的虫瘿,它们未从竹枝上脱落,残存于竹枝上(表2)。5种类型的虫瘿中,联瘿型虫瘿(图1-F)所占比例高达40.12%,叶片型虫瘿所占比例次之(30.95%),光瘿型虫瘿和顶生型虫瘿所占比例最小,分别为6.01%和3.15%(表2)。

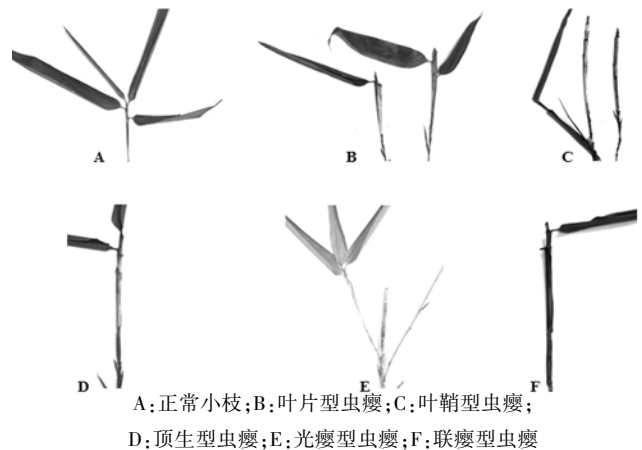


图1 早园竹上5种类型的虫瘿

### 2.3 虫瘿的解剖观察

虫瘿解剖观察发现,单虫瘿最多可达6头幼虫,可能是造瘿昆虫在早园竹上形成多室虫瘿,并且最多能够形成6个虫室。解剖结果表明,虫瘿的平均幼虫数量从高到低依次为叶片型虫瘿(2.88)、叶鞘型虫瘿(2.77)、顶生型虫瘿(2.27)、联瘿型虫瘿(1.83)和光瘿型虫瘿(1.00)(表2)。联瘿型虫瘿中,上方一个虫瘿中幼虫少,而下方一个虫瘿中幼虫数量与叶片型和叶鞘型虫瘿相当,故其平均幼虫数量较少。解剖时还发现,有15个虫瘿具有昆虫的羽化孔,但它们仍然存在昆虫的幼虫,这可能是多室虫瘿的部分造瘿昆虫被寄生蜂寄生,并且该寄生蜂在采样之前已经羽化出蜂。另外,有4个虫瘿既无羽化孔也无昆虫幼虫,是造瘿昆虫与其它虫瘿昆虫之间相互竞争而形成的败育瘿。而败育瘿在竹瘿广肩小蜂形成的毛竹虫瘿中普遍存在<sup>[14-15]</sup>。

### 2.4 虫瘿昆虫的物种种类、数量和羽化规律

由表2可知,联瘿型、叶片型和叶鞘型3种类型虫瘿共羽化出5种301头小蜂(chalcid wasps),包括竹泰广肩小蜂和刚竹泰广肩小蜂2种造瘿昆虫,栗瘿旋小蜂、点腹刻腹小蜂和纹黄枝瘿金小蜂3种寄生蜂。在单株早园竹上发现竹泰广肩小蜂和刚竹泰广肩小蜂2种造瘿昆虫,表明它们能够在早园竹上混合发生和危害。从羽化出蜂时间看,竹泰广肩小蜂

表 2 早园竹上虫瘿及其相关昆虫的特征

项目		光瘿型	联瘿型	叶鞘型	叶片型	顶生型
单株早园竹 上虫瘿统计	新瘿数	13	109	50	108	11
	枯瘿数	8	31	19	0	0
	每种类型虫瘿的比例/%	6.01	40.12	19.77	30.95	3.15
虫瘿的解 剖观察	解剖新瘿数量	7	40	22	41	11
	总幼虫数量	7	73	61	118	25
	每虫瘿平均幼虫数量	1.00	1.83	2.77	2.88	2.27
	单虫瘿最多幼虫数量	2	5	5	6	6
	虫瘿昆虫数量	-	79	120	103	-
虫瘿昆虫饲 养出蜂调查	每种类型虫瘿平均羽化昆虫数	-	1.27	2.11	1.91	-
	造瘿昆虫物种数	-	2	2	2	-
	竹泰广肩小蜂;刚竹泰广肩 小蜂;寄生蜂	-	59:18:1	83:31:6	70:31:2	-
	寄生蜂物种	-	纹黄枝瘿金小蜂	栗瘿旋小蜂、 点腹刻腹小蜂、 纹黄枝瘿金小蜂	点腹刻腹小蜂	-

注:纹黄枝瘿金小蜂 (*Homoporus japonicus* Ashmead)、栗瘿旋小蜂 (*Eupelmus urozonus* Dalman)、点腹刻腹小蜂 (*Ormyrus punctiger* Westwood)。“-”为未进行调查和研究的项目。

在 4 月份有 2 个羽化高峰期,而刚竹泰广肩小蜂羽化高峰期介于这 2 个高峰期之间(图 2)。寄生蜂的羽化时间晚于造瘿昆虫,这与自然状态下寄生蜂产卵于发育中的虫瘿内部的情况一致(图 2)。另外,在联瘿型、叶片型和叶鞘型虫瘿中,竹泰广肩小蜂、刚竹泰广肩小蜂和寄生蜂的比率分别为 59:18:1、70:31:2 和 83:31:6,表明在羽化的昆虫中寄生蜂所占的比例很小,早园竹虫瘿中绝大多数为造瘿昆虫。

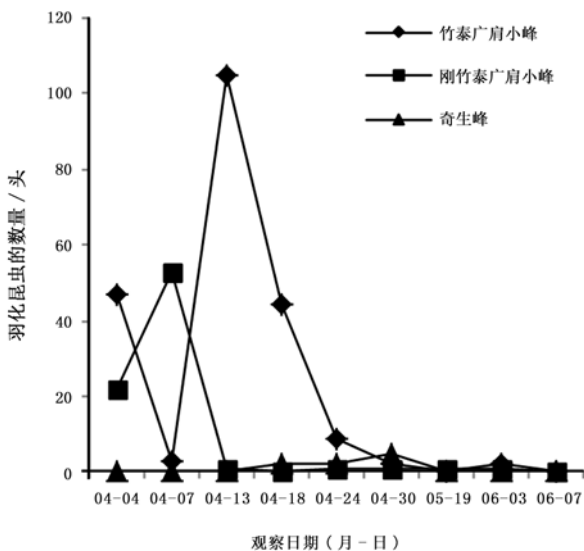


图 2 虫瘿昆虫羽化的观测

### 3 结论与讨论

造瘿昆虫危害程度受寄主物种或品种、寄生蜂和寄养蜂等虫瘿相关的天敌昆虫、环境因子(降水、纬度、海拔、光照等)和施肥等耕作制度的影响<sup>[16-20]</sup>。本研究通过对早园竹虫瘿调查,发现 4 块

不同样地在 2013 年的造瘿率显著不同。苍糠覆盖地与未经苍糠覆盖处理的地块相比,造瘿率显著较低,表明耕作方式显著地影响造瘿昆虫的造瘿率,很有可能是苍糠覆盖影响早园竹的物候,进而影响造瘿昆虫的行为。

竹子上的造瘿小蜂包括竹瘿广肩小蜂、竹泰广肩小蜂和刚竹泰广肩小蜂等,它们的成虫产卵于竹子的嫩枝内,幼虫取食小枝管壁,影响竹子的生长。本研究对单株的早园竹虫瘿进行观察,在早春季节,虫瘿以光瘿型、联瘿型、叶鞘型、叶片型和顶生型 5 种类型存在于竹枝上。5 种类型的虫瘿与正常小枝相比较,叶片数量明显较少,表明小蜂的造瘿行为致使竹子落叶。研究表明,造瘿昆虫的造瘿活动能够显著地影响寄主的光合作用产物的分配和动员以及光合作用速率<sup>[1-3,21]</sup>。本研究发现早园竹上的造瘿昆虫能够致使小枝落叶,影响竹子的光合作用。竹子上虫瘿的识别,一般是看小枝是否膨大。本文对虫瘿形态研究的结果,也可作为早园竹林中识别虫瘿的辅助标志。

竹瘿广肩小蜂形成单室虫瘿,竹泰广肩小蜂和刚竹泰广肩小蜂能够形成多室虫瘿<sup>[22]</sup>。本研究的虫瘿解剖中,单虫瘿中最多有 6 头幼虫,很有可能造瘿昆虫能够在早园竹上形成 6 室虫瘿。Shibata 等<sup>[14]</sup>报道竹瘿广肩小蜂在日本只在毛竹和五月季竹上形成虫瘿,而徐志宏等<sup>[23]</sup>报道竹瘿广肩小蜂、竹泰广肩小蜂和刚竹泰广肩小蜂在我国既可以单独发生也能够共同发生。通过羽化出蜂试验,本研究发现早园竹单株上竹泰广肩小蜂和刚竹泰广肩小蜂

共同存在。研究还发现在联瘿型、叶片型和叶鞘型虫瘿中,都能够羽化出竹泰广肩小蜂和刚竹泰广肩小蜂,很有可能两种造瘿昆虫形成的虫瘿在竹枝上的存在形式及形态结构无明显的差异。虫瘿以不同类型存在于单株竹子上,不同的类型是否与虫瘿昆虫的物种种类和个体数量之间存在关联,还需要更多的试验和调查加以证明。

寄生蜂能够杀死造瘿昆虫,是造瘿昆虫的死亡因子。寄生蜂物种种类和数量的多少,在一定程度上影响造瘿昆虫种群的大小。在毛竹上竹瘿广肩小蜂和竹瘿长尾小蜂的比率约为 1.5:1,而毛竹上虫瘿危害不如早园竹严重,很有可能与竹瘿长尾小蜂种群较大有关。在本研究中,仅发现栗瘿旋小蜂、点腹刻腹小蜂和纹黄枝瘿金小蜂 3 种寄生蜂,并且整株竹子上造瘿昆虫与寄生蜂的数量的比值为 32.4:1,如此众多的造瘿昆虫,是造成早园竹 2013 年造瘿率高达 70% 的重要原因之一。通过比较造瘿昆虫的雌雄性比率,发现两种造瘿昆虫都是雌性的数量远多于雄性,这也是调查样地的早园竹虫瘿昆虫严重危害的另一个原因。竹泰广肩小蜂和刚竹泰广肩小蜂幼虫存在于早园竹封闭的虫瘿内部,成虫虽然暴露于竹子外面,但其寿命短,羽化出蜂时间依赖于竹小枝萌发的物候,故常规化学防治方法很难达到理想效果。本研究开展的早园竹虫瘿昆虫危害调查以及虫瘿特征的研究,将为造瘿昆虫的营林措施控制和天敌调控提供理论基础。

#### 参考文献:

- [1] Nabitya P D, Hausa M J, Berenbaum M R, et al. Leaf-galling phylloxera on grapes reprograms host metabolism and morphology [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2013,110(41):16663-16668.
- [2] Özpınar H, Yalcın I. Investigation of the physiological changes in (*Rosa canina* L.) plant members comprising and not creating the gall [J]. Cumhuriyet University Faculty of Science Journal (CSJ), 2013,34(2):49-66.
- [3] Larson K C and Whitham T G. Manipulation of food resources by a gall-forming aphid: the physiology of sink-source interactions [J]. Oecologia, 1991,88(1):15-21.
- [4] Nyman T, Julkunen-Tiitto R. Manipulation of the phenolic chemistry of willows by gall-inducing sawflies [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2000,97(24):13184-13187.
- [5] Abrahamson W G, Hunter M D, Melika G, et al. Cynipid gall-wasp communities correlate with oak chemistry [J]. Journal of Chemical Ecology, 2003,29(1):209-223.
- [6] Price P W, Fernandes G W, Waring G L. Adaptive nature of insect galls [J]. Environmental Entomology, 1987,16(1):15-24.
- [7] Stone G M, Schönrogge K. The adaptive significance of insect gall morphology [J]. Trends in Ecology and Evolution, 2003,18(10):512-22.
- [8] 王光钺, 王义平, 吴 鸿. 虫瘿与致瘿昆虫 [J]. 昆虫知识, 2010, 47(2):414-424.
- [9] 胡国良, 俞彩珠, 楼君芳, 等. 中国新纪录-竹泰广肩小蜂 [J]. 浙江林业科技, 2002, 22(1):18-20.
- [10] 徐天森, 王浩杰. 中国竹子主要害虫 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [11] 王问学, 莫建初, 王明旭, 等. 竹瘿广肩小蜂的生物、生态学特性及综合治理研究 [J]. 中南林学院学报, 1994, 14(1): 29-34.
- [12] Takahashi F, Mizuta K. Life cycles of a Eurytomid wasp, *Aiolomorpha rhopaloides*, and three species of wasps parasitic on it [J]. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 1971, 15(1):36-43.
- [13] Shibata E, Ito M, Yoshida K. Detection of insect inclusions and size estimation of bamboo galls using soft X-rays [J]. Nagoya University Forest Science, 2004,23:15-17.
- [14] Shibata E, Ito M. Life-history traits in insect inclusions associated with bamboo galls [J]. Insect Science, 2005,12(2):143-150.
- [15] 王浩杰, 徐天森, 林长春, 等. 两种竹瘿小蜂种间相互关系的研究 [J]. 林业科学研究, 1996,9(3): 284-289.
- [16] 莫禹诗, 谭玉涓, 潘 英. 水稻抗稻瘿蚊品种筛选鉴定研究初报 [J]. 植物保护学报, 1981,8(2):91-94.
- [17] Roiminen H, Ohgushi T, Zinoviev A, et al. Latitudinal and altitudinal patterns in species richness and mortality factors of the galling sawflies on salix species in Japan [C] // Yukawa J, Ozaki K, Price P W et al. Gall-forming arthropods and their associates: ecology and evolution. Tokyo:Springer-Verlag Tokyo, 2006:3-19.
- [18] Chang R L, Arnold R J, Zhou X D. Association between activity levels of five defensive enzymes in four commercial *Eucalyptus* clones and their susceptibility to attack from the shoot gall wasp, *Leptocybe invasa*, in south China [J]. Journal of Tropical Forest Science, 2012,24(2):256-264.
- [19] Luo J Z, Arnold R, Lu W H, et al. Genetic variation in *Eucalyptus camaldulensis* and *E. tereticornis* for early growth and susceptibility to the gall wasp *Leptocybe invasa* in China [J]. Euphytica, 2014, 196(3):397-411.
- [20] Morana P J, Goolsby J A. Effect of nitrogen fertilization on growth of *Arundo donax* and on rearing of a biological control agent, the shoot gall-forming wasp *Tetramesa romana* [J]. Biocontrol Science and Technology, 2014,24(5):503-517.
- [21] Dorchin N, Cramer M D, Hoffmann J H. Photosynthesis and sink activity of wasp-induced galls in *Acacia pycnantha* [J]. Ecology, 2006,87(7):1781-1791.
- [22] 胡国良, 俞彩珠, 华正媛. 竹子病虫害防治 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005.
- [23] 徐志宏, 胡国良, 蒋惠中, 等. 育自竹子虫瘿中的 10 种小蜂及—中国新纪录种记述 [J]. 林业科学研究, 2002,15(4):444-449.