

文章编号:1001-1498(2014)06-0780-05

角倍蚜干母分批上树对虫瘿数量和分布的影响

杨子祥¹, 马琳¹, 陈晓鸣^{1*}, 李杨²

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 国家林业局资源昆虫培育与利用重点实验室, 云南昆明 650224;

2. 昆明市滇池生态研究所, 云南昆明 650100)

摘要:对角倍蚜分批上树及接种方法对虫瘿数量和分布的影响进行了研究, 结果表明: (1) 迁飞接种(同批上树)时, 单株虫瘿数为 15.65 个, 而迁飞加挂袋(分批上树 - A) 及挂袋 2 次(分批上树 - B) 时, 单株虫瘿数分别为 48.39 个和 161.84 个, 增加了 2.09 倍和 9.34 倍; 同时单叶虫瘿数也从 1.69 个增加到 2.77 个和 3.42 个; 单株有虫瘿复叶数从 8.70 片增加到 17.87 片和 46.00 片; 有虫瘿枝条率从 21.65% 增加到 59.74% 和 91.58%。(2) 迁飞接种时, 虫瘿分布于当年生枝条第 1~7 片复叶, 其中 1~5 片复叶为虫瘿主要分布叶片; 迁飞加挂袋及挂袋 2 次时, 虫瘿分布于当年生枝条的第 1~8 片及第 1~11 片复叶, 其中第 3~6 片复叶为虫瘿主要分布叶片。(3) 无论是干母同批上树还是分批上树, 单叶虫瘿数均以 1~3 个为主, 虽然分批上树时单叶平均虫瘿数从 1.23 个增加到 1.47 个和 2.53 个, 但仍然低于单叶最适虫瘿数 5~6 个, 对虫瘿的大小和生长没有不良影响。综上所述, 干母分批上树可以显著增加角倍蚜虫瘿数量, 提高虫瘿的分散度, 充分发挥盐肤木形成虫瘿的潜力。

关键词:角倍蚜; 干母; 虫瘿; 数量; 分布

中图分类号: S789

文献标识码: A

Improved Methods to Increase Gall Density and Scatter Gall Distribution for the Horned Gall Aphid *Schlechtendalia chinensis*

YANG Zi-xiang¹, MA Lin¹, CHEN Xiao-ming¹, LI Yang²

(1. Research Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Breeding and Utilization of Resource Insects of State Forestry Administration, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. Kunming Institute of Ecology of Dianchi Lake, Kunming 650228, Yunnan, China)

Abstract: The Chinese horned gall aphid, *Schlechtendalia chinensis*, is a major species of Chinese gallnut aphids. It produces horned galls that are economically important because of their medical and chemical properties, chiefly tannic acid. *S. chinensis* has six forms in its life cycle. Only one of these six forms, the fundatrix, is feeding on leaves and triggering the formation of a gall on its host tree, *Rhus chinensis*. The authors developed three different approaches in order to maximize the gall formation on *R. chinensis* by a combination of moving the winter host moss in close vicinity of the *Rhus* tree and/or hanging bags containing populations of aphids to the tree trunk. The results showed that the gall number per tree was about 10-fold higher than that of the controls in conditions where two bags containing aphid population of different age were provided to the tree trunk. Further, it was found that the number of leaves forming a gall increased up to 5-fold per tree and similarly, the authors measured a 4-fold increase in the percentage branches that harbor galls. Detailed analysis of how galls are distributed demonstrated that while controls formed galls on the first seven compound leaves, optimized conditions extend the production of galls to the first eleven compound leaves. Finally, the gall number per leaf also increased by various approaches. For instance, the percentage of leaves forming just one gall reduced by half compared to the controls, while the leaves containing 4 or more galls

收稿日期: 2014-06-27

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)专项(2014AA021802-2)、国家自然科学基金(31372266、31370651)

作者简介: 杨子祥(1968—),男,贵州安顺人,副研究员,主要从事资源昆虫学研究。

* 通讯作者. cafcxm@139.com

increased from 5% to >30% when providing two bags containing aphid population of different age.

Key words: *Schlechtendalia chinensis*; fundatrix; horned gall; gall number; gall distribution

五倍子是瘿绵蚜科的倍蚜寄生在盐肤木(*Rhus chinensis* Mill)属植物的树叶上,刺激叶组织细胞增生膨大而形成的虫瘿,是我国重要的林特产品和出口创汇商品,在医药、化工、矿冶、食品和电子等行业中用途广泛^[1-2]。角倍蚜(*Schlechtendalia chinensis* (Bell))是五倍子的主要生产种,由其在盐肤木形成的虫瘿,称为角倍^[3],产量约占五倍子总产量的70%^[4],具有重要的经济价值。

角倍蚜的生活史需要经历干母、无翅干雌、有翅秋迁蚜、越冬若蚜有翅春迁蚜和性蚜等,在盐肤木和藓类上周期性转主寄生,以干母在盐肤木复叶叶翅(极少数在小叶)上取食形成虫瘿^[5],其中干母是唯一能形成虫瘿的虫型,通常1个干母形成1个虫瘿,因此上树干母的数量直接决定虫瘿数量即角倍的产量^[6-7]。与大多数自由生长蚜虫对寄主植物的全面取食不同,角倍蚜干母对取食部位具有严格的选择性,只能在新萌发的幼嫩复叶叶翅上取食,过小或过老的叶片均不能取食^[8-9]。因此干母上树期必须与盐肤木复叶萌发期相一致,才能成功取食并形成虫瘿。干母发生期与盐肤木的复叶萌发期均受产地自然积温的控制^[10-11],通常情况下二者是同步的,上树的干母一般能够找到合适的复叶取食^[12-13]。由于复叶的萌发持续时间较长,而干母上树持续时间较短,自然条件下仅有少数复叶能够形成虫瘿。为了增加虫瘿的数量,可以采用人工辅助迁飞或虫袋挂放的方法^[14]。这两种方法虽然可以增加上树干母的数量,但干母上树时仍为同批上树,会造成大量干母聚集在少数复叶取食并在同一叶片上形成过多的虫瘿,影响虫瘿和叶片的生长发育^[15]。本研究将越冬蚜藓置于不同海拔的地块培育,调节干母的发生期,配合迁飞和挂袋的接种方法,实现干母的分批上树,在田间试验条件下定量分析干母分批上树对角倍蚜虫瘿的数量和分布的影响,旨在探寻提高五倍子产量的方法,为五倍子人工培育技术的改进和提高提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料

倍蚜:用竹木材料制作50 cm×50 cm的竹筐,上面覆盖约2 cm的薄土,种植侧枝匍灯藓(*Plagiom-*

nium maximoviczii (Lindb.) T. Kop.),制成藓块^[7, 13]。当秋季角倍蚜虫瘿成熟自然爆裂时,将迁飞的有翅秋迁蚜转移到藓块上培育;第2年春季角倍蚜迁飞前,将藓块转移到盐肤木林下培育,让春迁蚜自然迁飞上树;或将藓块置于人工大棚内收集春迁蚜,装入牛皮纸袋内,每袋装春迁蚜约100头(±10头),置于常温通风处保存备用^[13]。倍蚜培育点分别位于800 m(同海拔)和1 020 m(高海拔),两地春迁蚜的迁飞期相差5~7 d,分别标记为同海拔虫袋和高海拔虫袋。

盐肤木:为4年生盐肤木人工林。取1年生实生苗种植于田间,间距2 m×2 m。当年冬季修剪定干,留干高度1.2~1.4 m。第2年于夏、冬两季对枝条进行修剪,保留枝条长度0.4~0.6 m,常规管理^[7]。第3年进行接种试验。

试验地点位于云南省盐津县牛寨乡新华村(28°06' N, 104°22' E),海拔800~820 m。为角倍蚜自然分布区。

1.2 方法

1.2.1 盐肤木林样地设置 在盐肤木林中选择树木长势和立地条件基本一致的样地3块,每块样地面积约200 m²,样地间为农地,距离500 m以上,防止春迁蚜迁飞时互相影响。每块样地随机选择样树40株,编号挂牌。为保证随机性,样地和样树选择于早春树木发芽前进行。

1.2.2 角倍蚜接种方法 分别设置3种处理:(1)迁飞(同批上树),于春迁蚜迁飞前将同海拔藓块转移到盐肤木林内,每块样地均匀放置40个藓块(10 m²。藓块上越冬若蚜数量约为1.6头·cm⁻²,下同),让春迁蚜自然迁飞上树。(2)迁飞+挂袋(分批上树-A),于春迁蚜迁飞前将同海拔藓块转移到盐肤木林内,每块样地均匀放置40个藓块(10 m²),让春迁蚜自然迁飞上树;当高海拔虫袋的干母发生时,将虫袋挂放于盐肤木枝条下方,每株树根据枝条数挂放1~3袋(按当年生梢头数确定挂放数量,每3~4个梢头挂放1袋。下同),让干母自行沿树干爬行上树。(3)挂袋+挂袋(分批上树-B),先挂放同海拔的虫袋;5~7 d后挂放高海拔的虫袋,每次每株分别挂放1~3袋(100头·袋⁻¹),让干母自行沿树干爬行上树。角倍蚜迁飞和挂放期间天气正

常,适宜干母上树取食致瘿。

1.2.3 虫瘿数量的统计 9月初角倍蚜虫瘿成熟前,统计样地内盐肤木每片复叶的虫瘿数、有虫瘿复叶数、复叶序号、当年生枝条数、有虫瘿枝条数和有虫瘿枝条率等,然后计算单枝虫瘿数和单株虫瘿数;其中有虫瘿枝条率指有虫瘿枝条数占当年生枝条总数的百分率;复叶序号指从枝条基部向端部的复叶编号,分别记为第1片、第2片、第3片,以此类推,叶序反映了复叶萌发的先后次序^[16]。去除因管理不当或病虫害原因等生长不良的样树后,每个处理选取30株样树进行统计分析。

1.3 数据处理

采用SPSS 13.0对数据进行分析,分别计算每个处理的单株虫瘿数、单叶虫瘿数、单株有虫瘿枝条数、单株有虫瘿复叶数、单枝有虫瘿复叶数和有虫瘿枝条率。处理间的差异采用单因素方差分析(One-way ANOVA)及LSD法多重比较。

2 结果与分析

2.1 干母上树批次及接种方法对角倍蚜虫瘿数量的影响

2.1.1 单株虫瘿数和单叶虫瘿数 迁飞接种(同批上树)时,单株虫瘿数为15.65个,而迁飞加挂袋(分批上树-A)及挂袋2次(分批上树-B)时,单株虫瘿数分别为48.39个和161.84个,分别增加了2.09倍和9.34倍(表1)。可以看出,与同批上树相比较,干母分批上树能增加单株虫瘿数量,且采用2次挂袋接种时,虫瘿数量增加更为显著。在不考虑单

株虫瘿数量增加时个体变小(即单个虫瘿的体质量下降)的情况下,虫瘿数量的增加值可以近似反映倍子产量的增加值^[15]。因此干母分批上树能有效提高倍子产量,且采用挂袋2次接种时增产效果更为显著。

迁飞接种(同批上树)时,单叶虫瘿数为1.69个,而迁飞加挂袋及挂袋2次时,单叶虫瘿数分别为2.77个和3.42个,分别为迁飞的1.64倍和2.02倍(表1)。可以看出,与同批上树相比较,干母分批上树能够增加单叶虫瘿数,且挂袋2次时,单叶虫瘿数增加更为显著。

2.1.2 单株有虫瘿的枝条数和枝条率及单株和单枝有虫瘿的复叶数 迁飞接种(同批上树)时,每株盐肤木平均有8.70片复叶形成虫瘿,而迁飞加挂袋(分批上树-A)及挂袋2次(分批上树-B)时,每株盐肤木上有虫瘿复叶数分别为17.87片和46.00片,分别增加了105.4%和428.7%(表1)。同样,迁飞加挂袋及挂袋2次时单枝有虫瘿复叶数分别为1.47片和2.53片,与迁飞接种时每枝1.23片相比较,分别增加了19.5%和105.7%;单株有虫瘿枝条数分别为11.87个和18.78个,与迁飞接种的6.92个相比,分别增加了71.5%和171.4%;有虫瘿枝条率从迁飞的21.65%增加到迁飞加挂袋的59.74%及挂袋2次时的91.58%(表1)。表明与同批上树比较,干母分批上树不仅能使单株虫瘿数和单叶虫瘿数增加,还表现为有虫瘿复叶数、有虫瘿枝条数的增加和有虫瘿枝条率的提高,即干母分批上树使原来没有虫瘿的复叶和枝条形成了虫瘿。

表1 干母上树批次及不同接种方法间角倍蚜虫瘿数量比较 (云南 盐津,2011)

项目	虫瘿总数 /个	单株虫瘿数 /(个·株 ⁻¹)	单叶虫瘿数 /(个·叶 ⁻¹)	单株有虫瘿 复叶数/ (个·株 ⁻¹)	单枝有虫瘿 复叶数/ (个·枝 ⁻¹)	单株有虫瘿 枝条数/ (个·株 ⁻¹)	有虫瘿枝条率 /%
迁飞(同批上树)	470	15.65 ± 11.97 a	1.69 ± 0.48 a	8.70 ± 6.09 a	1.23 ± 0.30 a	6.92 ± 4.53 a	21.65 ± 16.24 a
迁飞+挂袋 (分批上树-A)	1452	48.39 ± 23.11 b	2.77 ± 0.67 b	17.87 ± 8.33 b	1.47 ± 0.25 b	11.87 ± 4.73 b	59.74 ± 19.26 b
挂袋+挂袋 (分批上树-B)	4855	161.84 ± 77.93 c	3.42 ± 0.59 c	46.00 ± 17.16 c	2.53 ± 0.59 c	18.78 ± 7.56 c	91.58 ± 7.08 c

注:平均值±标准差,n=30。同一列中小写字母相同表示差异不显著,小写字母不相同表示差异显著p<0.05。

2.2 干母上树批次及接种方法对角倍蚜虫瘿分布的影响

迁飞接种(同批上树)时,虫瘿分布于当年生枝条的第1到第7片复叶,其中第1~5片复叶为虫瘿主要分布叶片,各片复叶的虫瘿数分别为虫瘿总数的18.34%、21.11%、21.45%、17.30%和14.71%,除第5片复叶的虫瘿数较少外,其余4片差异较小,

1~5片复叶的虫瘿数为虫瘿总数的92.91%。迁飞加挂袋接种(分批上树-A)时,虫瘿分布于当年生枝条的第1到第8片复叶,其中第3~6片复叶为虫瘿主要分布叶片,各片复叶的虫瘿数分别为虫瘿总数的23.70%、30.66%、15.15%和12.51%,累计虫瘿数为虫瘿总数的82.03%;第1、2片复叶上的虫瘿数量很少,仅为2.63%和8.85%。挂袋2次接种

(分批上树 - B)时,虫瘿分布于当年生枝条的第1到第11片复叶,其中第3~6片复叶为虫瘿主要分布叶片,各片复叶的虫瘿数分别为虫瘿总数的15.85%、26.30%、24.64%和15.35%,累计虫瘿数为虫瘿总数的82.14%;第1、2片复叶上的虫瘿数量很少,仅为0.41%和3.87%(图1)。表明干母同批上树时,虫瘿主要分布于当年生枝条的第1~5片复叶,即靠近枝基部复叶,而干母分批上树时,虫瘿主要分布于当年生枝条的第3~6片复叶,即着生虫瘿的复叶从基部向端部推移。

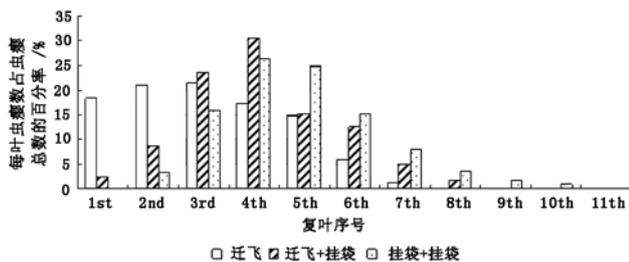
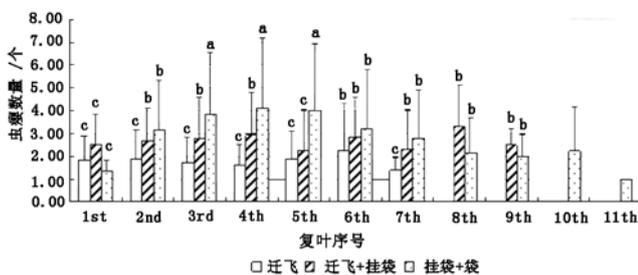


图1 干母上树批次及接种方法对角倍蚜虫瘿分布的影响($n=30$)

为进一步比较干母上树批次及接种方法对不同叶序复叶虫瘿数量的影响,采用单因素方差分析,比较3种接种方式下每片复叶上虫瘿数量的差异。结果表明:(1)第1片、第6片复叶上的虫瘿数量差异不显著($P>0.05$);(2)第3片、第4片复叶上的虫瘿数量差异显著,其数量大小依次为:分批上树 - B > 分批上树 - A > 同批上树($P<0.05$);(3)第2片、第5片和第7片复叶的虫瘿数量差异显著,分批上树 > 同批上树($P<0.05$);(4)第8片、第9片复叶(仅在分批上树时有虫瘿)的虫瘿数量差异不显著($P>0.05$)(图2)。可见干母分批上树时,单叶虫瘿数量的增加主要表现在第2~5片复叶。



注:同一序号中小写字母相同表示差异不显著,小写字母不相同表示差异显著 $p<0.05$

图2 干母上树批次及接种方法对不同序号复叶的虫瘿数的影响($n=30$)

2.3 干母上树批次及接种方法对单叶虫瘿数的影响

迁飞接种(同批上树)时,单叶虫瘿数为1~7个,其中有1~3个虫瘿的复叶数最多,分别为总数的53.14%、28.93%和11.64%,累计复叶数占总数的

的93.71%。迁飞+挂袋接种(分批上树 - A)时,单叶虫瘿数为1~10个,其中有1~3个虫瘿的复叶数最多,分别为总数的27.27%、30.86%和18.18%,累计复叶数占总数的76.31%,与迁飞接种相比下降了17.4%。挂袋2次接种(分批上树 - B)时,单叶虫瘿数为1~15个,其中有1~3个虫瘿的复叶数最多,分别为总数的24.66%、23.22%和14.69%,累计复叶数占总数的62.56%,与迁飞和迁飞加挂袋相比分别下降了31.15%和13.75%(图3)。可以看出,无论是干母同批上树还是分批上树,每片复叶的虫瘿数均以1~3个为主,但分批上树时,每叶最多虫瘿数从7个分别增加到10个和15个,且每叶虫瘿数为1~3个的复叶比例明显下降。

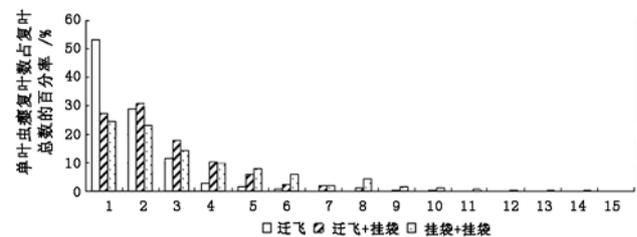


图3 干母上树批次及接种方法对盐肤木单叶虫瘿数量的影响($n=30$)

3 讨论

3.1 干母分批上树能显著增加角倍蚜的虫瘿数量

与自由生长蚜虫对寄主植物的全面取食不同,倍蚜干母对取食部位有严格的选择性,只能在刚萌发的幼嫩复叶叶翅取食并形成虫瘿^[6]。自然条件下角倍蚜干母上树的时间很短,一般只持续7~15 d,其间由于受低温阴雨等不良天气影响,干母的有效上树时间更短,通常只有3~5 d^[11],因此盐肤木上的很多合适的复叶由于没有干母的取食不能形成虫瘿,这是自然条件下野生盐肤木林倍子单产低的主要原因^[6-7]。本研究表明,采用传统的迁飞接种时,单叶虫瘿数仅为1.69个,与每片复叶最适虫瘿数5~6个相比^[15],仍有较大的提升潜力;同时,单株有虫瘿枝条率仅为21.65%,即有78.35%的当年生枝条没有形成虫瘿,而这些枝条均有形成虫瘿的潜力,因此盐肤木的结倍潜力仍有很大的提升空间。

采用挂袋接种方法可以提高盐肤木的虫瘿数量,进一步发挥其形成倍子的潜力^[16-17]。挂袋接种是一种“过量接种”,即人为增加上树的倍蚜干母数量,但当上树干母数增加到一定数量时,寄生部位即复叶叶翅的“拥挤”将成为虫瘿数量的限制因子,会形成大量的干母聚集到同一复叶取食,形成单叶虫瘿数量过多,甚至引起虫瘿和复叶提前掉落或枯

死^[15]。本研究通过在不同海拔高度植藓养蚜,利用积温的差异延迟干母的发生期^[11, 13, 18],并配合迁飞和挂袋实现干母的分批上树,使干母分散到不同的复叶及枝条上形成虫瘿,有效增加了单株盐肤木的虫瘿数量。田间试验结果表明:采用传统的干母同批上树(迁飞)时,单株虫瘿数为15.65个,而干母分批上树时,单株虫瘿数分别为48.39个(迁飞+挂袋)和161.84个(挂袋+挂袋),分别增加了2.09倍和9.34倍,这里挂袋2次时增加的幅度很大,主要原因是由于挂袋2次的虫袋数比迁飞加挂袋的虫袋数多,而且挂袋2次时,干母的致瘿枝条更为分散,使有虫瘿枝条率大幅度提高(从59.74%提高到91.58%,提高了31.84%),充分发挥了盐肤木形成虫瘿的潜力。从虫瘿数量上看,干母分批上树的增产效果非常显著。

3.2 干母分批上树使虫瘿的分布趋向于分散

由于角倍蚜干母专性选择刚萌发的幼嫩复叶叶翅取食,因此当同批上树的干母数较多时,会形成干母集中在少数叶片取食,形成单叶虫瘿数量过多(每叶9个以上)^[15],而其他复叶没有虫瘿分布的现象。本研究表明,采用传统的干母同批上树(迁飞)时,虫瘿分布于盐肤木当年生枝条的第1到第7片复叶上,其中第1~5片复叶为虫瘿主要分布叶片;而干母分批上树时,虫瘿分布于盐肤木当年生枝条的第1到第8片(迁飞+挂袋)及第1到第11片(挂袋+挂袋)复叶上,其中第3~6片复叶为虫瘿主要分布叶片。可见干母分批上树时,导致当年生枝条上有虫瘿复叶数增加,并且虫瘿主要着生叶片从枝条基部向端部转移。端部复叶与基部复叶相比不易掉落,因此这种转移有利于虫瘿保存率的提高。

角倍蚜虫瘿在盐肤木树上的分布单元包括复叶、枝条和整株3个层级,复叶是形成虫瘿的最小单元。虫瘿的营养来自叶片,因此虫瘿在复叶上的位置与叶片光合作用及营养竞争关系密切^[19-20],单叶虫瘿数与虫瘿总重量间存在密切关系^[16],单叶虫瘿数过少,虫瘿的总重量就少,随着单叶虫瘿数的增加,虫瘿总重量迅速增加,当单叶虫瘿数增加到一定数量时,由于营养竞争的关系,单个虫瘿的体积会变小,虫瘿总重量下降。研究表明:每片复叶的最适虫瘿数为5~6个,当单叶虫瘿数达到9个以上时,一些虫瘿会因为营养竞争而枯死^[15]。在本研究中,干母同批上树时,单叶平均虫瘿数为1.69个(迁飞),采用干母分批上树时,单叶平均虫瘿数增加到2.77个(迁飞+挂袋)和3.42个(挂袋2次),表明干母分批上树时,平均单叶虫瘿数有显著的增加,但没有

超过单叶虫瘿数的适合范围(即每片复叶5~6个),可以作为增产的措施在生产上应用。当然,由于树木单株及枝条间的差异,单叶虫瘿数的变异范围较大,少部分复叶的虫瘿数量可能过多。迁飞加挂袋时,其变异范围为1~10个,其中单叶虫瘿数为9个以上的为0.96%;挂袋2次时,其变异范围为1~15个,其中单叶虫瘿数为9个以上的为5.70%。在生产实践中,对这部分虫瘿数量过多的复叶,可以结合后期管理进行人工摘除,避免影响虫瘿和叶片的正常生长。

参考文献:

- [1] 张广学,钟铁森. 中国经济昆虫志,第25册,同翅目,蚜虫类(一)[M]. 北京:科学出版社,1983:78-80.
- [2] 张宗和. 五倍子加工及利用[M]. 北京:中国林业出版社,1987:1-21.
- [3] 张广学,乔格侠,钟铁森,等. 中国动物志(昆虫纲14卷)[M]. 北京:科学出版社,1999:256-272.
- [4] 李志国,杨文云,夏定久. 中国五倍子研究现状[J]. 林业科学研究,2003,16(6):760-767.
- [5] 唐觉,蔡邦华. 贵州湄潭五倍子的研究[J]. 昆虫学报,1957,7(1):131-140.
- [6] 唐觉. 五倍子及其繁殖增产的途径[J]. 昆虫学报,1976,19(3):282-296.
- [7] 杨子祥. 五倍子高产培育技术[M]. 北京:中国林业出版社,2011:1-16,86-92.
- [8] 张燕平,苏建荣,陈宝珊. 角倍蚜迁飞的迁飞期与生殖[J]. 林业科技开发,2000,14(1):23-24.
- [9] 赖永祺. 五倍子丰产技术[M]. 北京:中国林业出版社,1990:1-19.
- [10] 张云松,邱建生,游金平,等. 角倍蚜(虫袋内)春迁蚜至干母有效积温的研究[J]. 贵州林业科技,1997,25(1):16-21.
- [11] 唐雪峰,杨子祥,马琳,等. 角倍蚜干母发生期和数量变化及秋迁蚜生殖能力[J]. 林业科学研究,2014,27(3):393-399.
- [12] 赖永祺,杨时宇,杜宗贤,胡定权. 角倍蚜春季迁飞的观察[J]. 林业科学,1986,22(4):431-436.
- [13] 李杨,杨子祥,陈晓鸣,等. 大棚模拟条件下角倍蚜春季迁飞数量动态及其与气象因子的关系[J]. 生态学报,2013,33(9):2825-2834.
- [14] 赖永祺,张燕平,陈宝珊. 藓圃养蚜挂袋性蚜技术的新进展[J]. 林业科学研究,1998,8(专刊):18-20.
- [15] 邱建生,漆云庆. 盐肤木复叶的最适挂袋倍数研究[J]. 林业科学研究,1990,18(4):86-91.
- [16] 张燕平,李坚强,赖永祺,等. 角倍蚜虫袋的挂袋方法与结倍效果[J]. 林业科学研究,1996,9(4):388-393.
- [17] 袁天树,李坚强,代廷富,等. 挂袋两次性蚜对盐肤木结倍效果的影响[J]. 西南林学院学报,1997,17(1):48-51.
- [18] 张燕平,苏建荣,赖永祺,等. 角倍蚜干母发生期预测及应用[J]. 林业科学研究,2000,13(2):192-196.
- [19] 李杨,杨子祥,陈晓鸣,等. 角倍蚜虫瘿对盐肤木光合特性和总氮含量的影响[J]. 生态学报,2013,33(21):6876-6884.
- [20] Shu-xia Shao, Zi-xiang Yang, Xiao-ming Chen. Gall development and clone dynamics of the galling aphid *Schlechtendalia chinensis* (Hemiptera: Pemphigidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2012, 106(4): 1628-1637.