张家界山区角倍蚜两虫态过冷却点比较及人工植蘚保蚜越冬技术*

文礼章[1]** 毕冰峰[1] 王文茂[2] 许 浩[1] 朱 亮[1]

(1. 湖南农业大学生物安全科学技术学院 湖南农业大学昆虫科学研究所 长沙 410128;
2. 张家界奥威科技有限责任公司 张家界 427000)

摘 要 为了解张家界地区所产角倍蚜 *Schlechtendalia chinensis*(Bell)秋迁蚜及越冬若蚜的耐寒性及两虫态间在耐寒性方面的差异,应用过冷却点测定仪,抽样测定了上述两虫态个体的过冷却点和体液结冰点,结果表明:秋迁角倍蚜过冷却点和体液结冰点的平均值、最低值和最高值分别依次为 -13.32±0.77,-15.69,-11.12℃和-13.00±0.72,-14.54,-10.80℃;而无翅若蚜过冷却点和体液结冰点的平均值、最低值和最高值分别依次为-18.95±0.82,-20.24,-17.02℃和-18.70±0.82,-20.07,-16.95℃。方差分析表明,越冬若蚜的过冷却点和体液结冰点都明显低于秋迁蚜的过冷却点和体液结冰点,进而推测,越冬若蚜的耐寒能力要显著强于秋迁蚜的耐寒能力。试验还表明,张家界地区角倍蚜的次生寄主苔藓(侧枝匐灯藓 *Plagiomnium maximoiczii*)通过人工植藓可在小型聚酯瓶(polyester bottle)内正常生长,接种后的秋迁蚜可顺利生产若蚜,若蚜也能顺利产织蜡球进而度过寒冷的冬天直至下一年春迁蚜产生。

关键词 张家界,角倍蚜虫,过冷却点,体液结冰点,越冬

A comparison of the supercooling and freezing points of two instars of the aphid *Schlechtendalia chinensis* and artificial technology to induce overwintering in aphids in the Zhangjiajie Mountains

WEN Li-Zhang[1]** BI Bing-Feng[1] WANG Wen-Mao[2] XU Hao[1] ZHU Liang[1]

(1. College of Bio-Safety Sicence and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;
2. Zhangjiajie Aowei Technology Co., Ltd., Zhangjiajie 427000, China)

Abstract The cold resistance, supercooling points and body fluid freezing points of two instars of *Schlechtendalia chinensis* (Bell) were determined using of a supercooling point tester. The average, minimum and maximum values of the supercooling and freezing points of the body fluids of autumn aphids were -13.32±0.77, -15.69, -11.12℃ and -13.00±0.72, -14.54, -10.80℃. Average, minimum and maximum values of supercooling and freezing points of the body fluids of wingless nymph-aphids of *S. chinensis* were -18.95±0.82, -20.24, -17.02℃ and -18.70±0.82, -20.07, -16.95℃. Analysis of variance indicates that wingless nymph-aphids had significantly lower supercooling and body fluid freezing points than autumn aphids. This suggests that wingless nymph-aphids have greater cold tolerance than autumn aphids. The results also indicate that the secondary host of *S. chinensis*, prostrate light moss (*Plagiomnium maximoiczii*), was able to be propagated in small polyester bottles in which autumn aphids reproduced normally producing aphid-nymphs which successfully produced wax balls in which to spend the cold winter until emerging the following spring.

Key words Zhangjiajie, *Schlechtendalia chinensis*, supercooling points, body fluid freezing points, overwinter

五倍子蚜属半翅目瘿绵蚜科 Pemphigidae 五 节根蚜亚科 Fordinae,是一类重要的致瘿昆虫。由

* 资助项目:湖南省科技攻关重点项目:五倍子蚜虫越冬与繁殖关键技术研究开发(湘 2009NK2008)。

**通讯作者,E-mail:weninsect123@yahoo.com.cn

收稿日期:2011-07-29,接受日期:2011-09-02

五倍子蚜寄生漆树科(Anacadiaceae)盐肤木属(*Rhus*)植物后所产生的虫瘿被称之为五倍子。五倍子广泛分布我国长江南北 19 个省区,90 余个县、市,五倍子是中国《药典》收载的古典中药材,也是我国特有的生物化工原料,可水解单宁含量高达 64% ~72%,品质好,是我国重要的战略性生物资源,加工产品也出口到美日欧盟等发达国家(李志国等,2008)。

国内外学者对五倍子进行了较多的研究,我国产五倍子开始大量出口成为创汇的重要手段,民国时期国内学者就对五倍子的形态、倍蚜的种类、夏寄主的种类、冬寄主苔藓的种类、五倍子在我国的分布等都进行了研究(陶家驹,1943;郑止善,1945)。将中国五倍子分为角倍、肚倍、倍花等(孙家鼎,1942)。20 世纪中后期学者们对五倍子的研究集中在五倍子单宁结构的确定,所含化学成分性质的研究,对五倍子的认识进入了更深的层面(陈方平,1989;张宗和,1991)。

1848 年 Bell 等发表文章称中国五倍子的致瘿蚜虫为一新种,并将其命名为 *Aphis chinensis*,1999 年张广学院士等总结前人研究成果将我国五倍子蚜虫分为 5 属 14 种,至此,我国学术界对五倍子蚜的种类有了较全面的认识。五倍子研究重点转向倍子丰产技术开发方向(王建和傅小川,1996;邱明生和赵志模,1999;司徒春南等,2007)。

湖南省张家界山区,虽然是该省五倍子的主产区,但因常年缺少产倍的越冬蚜源,而每年都必需从外省引种作为当地产倍的虫源(堪称"产倍不产蚜"),这不仅制约了五倍子产量的提高,而且也大大增加了倍农的生产成本。因此,如何保护和增殖本地五倍子蚜越冬虫源是解决张家界地区进一步发展五倍子产业的当务之急。国内虽然对五倍子蚜自然越冬越夏及寄主转换的规律做了不少研究,但具体到张家界地区的倍蚜种类及其越冬繁殖规律却未见有系统的报道。

昆虫的过冷却是指昆虫体液温度下降到体液结冰点以下而不结冰的现象,昆虫过冷却点的高低是反映昆虫耐寒能力强弱的重要指标之一(关鑫等,2009;蒋智林和文礼章,2009),一般认为,过冷却点越低,表示昆虫的耐寒能力越强。本文在鉴定了湖南省张家界山区所产的 2 种五倍子的致瘿蚜种类的基础上(毕冰峰等,2010),测定了角倍蚜 *Schlechtendalia chinensis*(Bell)2 种虫态的过冷却点和体液结冰点,并采用在聚酯瓶内植藓接蚜的方法进行半人工保蚜越冬试验,取得了较好的效果,这一技术改进可望为该地区设计保护和增殖角倍蚜越冬虫源措施提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 过冷却点的测定方法

1.1.1 供试虫源 2010 年 10 月采集自张家界山区的角倍鲜倍。取倍子成熟后破裂飞出的有翅蚜用于测定有翅秋迁蚜过冷却点和体液结冰点。有翅蚜在培养皿中 1 d 后会产下大量无翅若蚜,以此若蚜测定越冬无翅若蚜的过冷却点和体液结冰点。

1.1.2 其他材料 过冷却点测定仪:北京太极鹏程电子公司过冷却点测定系统 1.0.0 版。

立式低温保存箱:DW-40L262 型,青岛海尔集团(Haier)。

微机:R410G-P6200G20320U 型,青岛海尔集团(Haier)。

其他:镊子、毛笔、昆虫针、凡士林等。

1.1.3 过冷却点和体液结冰点的测定 首先运行微机中过冷却点测定仪配套软件,设置端口(P)为:COM2,开始记录数据,然后将过冷却点测定仪热敏探头涂抹少许凡士林,先将虫体用毛笔,镊子等调整好姿态,用涂有凡士林的探头轻轻黏住蚜虫身体,最后将黏有蚜虫的探头放入 -25℃低温冰箱。放入冰箱后,虫体表面温度在低温环境中以非线性速率下降,当下降到一定温度时,蚜虫死亡,虫体结冰,释放潜热,此时过冷却点测定仪记录的数据会有一个回折(图 1),该处的温度,即为蚜虫的过冷却点,相应的可得出蚜虫的体液结冰点。折点处的温度数值由软件自动读出。

1.1.4 数据采集与分析 本实验分别测定了有翅秋迁蚜及无翅若蚜各 60 头的过冷却点和体液结冰点,将所测结果用 PASW statistics 18(PASW statistics 18.0,Chicago,USA)软件进行统计分析。

1.2 人工植藓接蚜越冬试验方法

将养殖苔藓的圆型聚酯瓶(polyester bottles)(口径:70 mm,高:94 mm)加盖,且在瓶壁四周钻孔,便于通气。聚酯瓶内填入占 1/3 空间膨胀珍珠岩和沙壤土作为植藓培养基,将张家界山区采集来的野生侧枝匐灯藓种植于瓶内。详细方法参

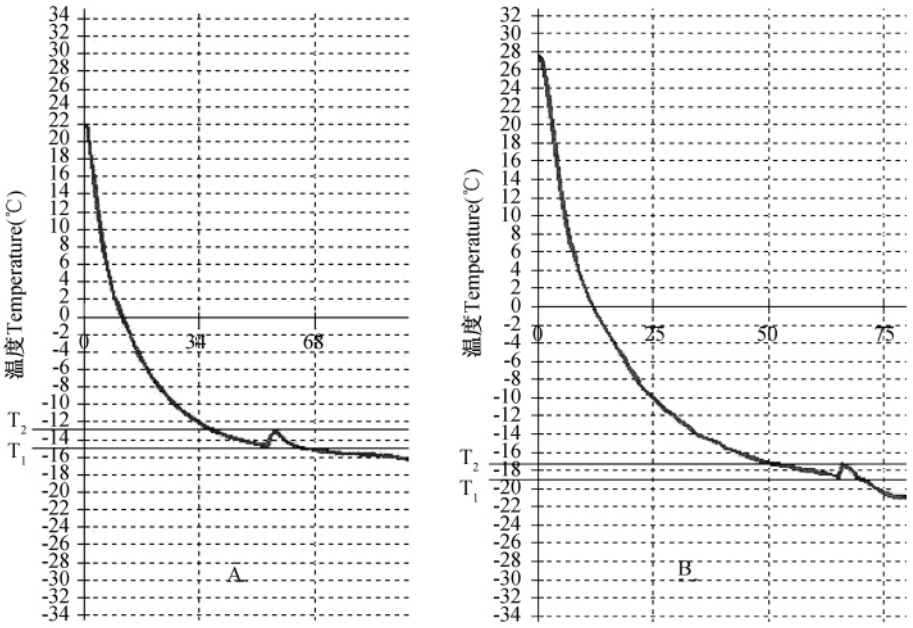


图 1　过冷却点(T_1)和体液结冰点(T_2)测定示意图

Fig. 1　Measuring of super-cooling point (T_1) and freezing point (T_2)

A. 有翅秋迁蚜 migration winged aphid; B. 无翅若蚜 apteriform nymphs.

见《一种人工保育角倍蚜越冬繁殖的方法》(专利申请号:201010578997.0,公开号:CN101999337;2011-4-6),将植有苔藓的聚酯瓶分别集中置于湖南农业大学湿度较大的某水塘边(简称长沙试验点)(50 瓶)和张家界奥威科技有限公司五倍子生产基地苗圃(简称张家界试验点)(3 256 瓶)。2010 年 10 月 17 日,将每个聚酯瓶内接入采自张家界山区的成熟角倍 1 只(内含有翅角倍秋迁蚜 100 只以上)。每周观察 1 次瓶内结织蜡球情况,直至 2011 年 3 月统计有春迁角倍蚜产生的瓶数和数量。

1.3　数据分析方法

采用 PASW statistics 18(PASW statistics 18.0,Chicago,USA)软件进行统计分析。

2　结果与分析

2.1　过冷却点的测定结果

2.1.1　角倍蚜 2 种虫态过冷却点与体液结冰点的比较　从表 1 分析结果可以看出,角倍蚜无翅若蚜的过冷却点与体液结冰点的最高、最低和平

表 1　张家界角倍蚜 2 种虫态过冷却点与体液结冰点的测定结果*

Table 1　Supercooling points and freezing points of *Schlechtendalia chinensis* in Zhangjiajie

角倍蚜虫态 Aphid state	过冷却点 Supercooling point(℃)			体液结冰点 Body fluid freezing point(℃)		
	最高 Max.	最低 Min.	平均±标准差 Mean ± SD	最高 Max.	最低 Min.	平均±标准差 Mean ± SD
秋迁蚜 Migrating aphids	−11.12	−15.69	−13.32 ± 0.77A	−10.80	−14.54	−13.00 ± 0.72A
越冬若蚜 Overwintering nymphs	−17.02	−20.24	−18.95 ± 0.82B	−16.95	−20.07	−18.70 ± 0.82B

注:* 采用成对样本 t 检测法进行平均数差异显著分析,同列数字后标有不同字母表示在 0.01 水平上差异显著。

The paired sample t-test method was used for analysis of significant difference of mean. Data followed by the different letters in the same column indicate significant difference at the 0.01 level beween two averages.

均值，都显著低于有翅秋迁移蚜过冷却点与体液结冰点的相应值。这说明无翅若蚜耐寒能力显著强于有翅秋迁移蚜，这应是角倍蚜常年以无翅若蚜越冬的一个重要原因之一。

2.1.2 角倍蚜 2 种虫态过冷却点与体液结冰点的变化范围 对 2 种虫态过冷却点及体液结冰点进行频数分析（PASW statistics 18.0，Descriptive Statistics-Frequencies）并对所测数据进行了正态分布检验（Q-Q 图正态分布检验），检验显示所测的过冷却点及体液结冰点均符合正态分布（$P > 0.05$）。根据 2 种虫态过冷却点和体液结冰点的正态分布曲线和频次分布条形图（图 2），可得出有翅蚜过冷却点和体液结冰点分别集中在（－13.32 ± 0.77）℃和（－13.00 ± 0.72）℃之间，而无翅若蚜过冷却点和体液结冰点分别集中在（－18.95 ± 0.82）℃和（－18.70 ± 0.82）℃之间。

2.1.3 角倍蚜过冷却点和体液结冰点与张家界地区历年冬季极端最低温度比较 对比张家界地区历年冬季（11—3 月）极端最低温度（表 2）可知，张家界地区角倍蚜 2 种虫态的过冷却点与体液结冰点（表 1）都有远低于当地自然界的极端最低温度（－4.90℃），而且当地历年平均日最低气温和总日平均气温都在 0℃以上（表 2），加上角倍蚜在冬季有结织蜡球保护自己的生物学特性，故从冬季温度方面分析，角倍蚜在张家界地区应是可以自然越冬的。至于实际情况，自然界产生的春迁蚜极少之原因，可能与其他不利生存环境如寄主缺乏，湿度太小或太大、降水（雪）太多等因素有关，对此，值得进一步加以研究。

表 2 湖南省张家界地区 2000—2011 年冬季最低气温和平均气温（℃）情况*

Table 2 Minimum temperature and average temperature of winter in years 2000—2011 in Zhangjiajie

月份 Month	极端日最低气温 Extreme daily minimum temperature	平均日最低气温 Mean daily minimum temperature	极端日最高气温 Extreme daily maximum temperature	平均日最高气温 Average daily maximum temperature	总日平均气温 Total daily average temperature
11 月 November	3.00	8.49 ± 3.41	28.50	17.05 ± 4.91	11.77 ± 3.24
12 月 December	－2.50	3.98 ± 2.90	21.90	11.06 ± 4.40	6.81 ± 2.63
1 月 January	－4.90**	1.93 ± 3.02	21.30	8.43 ± 4.89	4.51 ± 3.08
2 月 February	－4.40	4.28 ± 3.67	27.80	11.49 ± 5.08	7.21 ± 3.53
3 月 March	－1.00	7.78 ± 3.67	30.90	17.00 ± 6.04	11.61 ± 4.06

注：* 根据中国气象局气象信息中心提供的桑植气象观测站 2000—2011 年相关月份日平均数据整理。

Arranged according to the daily average data of the meteorological stations Sangzhi 2000—2011 provided by Chinese Academy of Meteorological Information Center.

**张家界地区 2000—2011 年 10 年间冬季出现的极端最低日平均气温。

Extreme minimum daily average temperature in winter in the decade 2000—2011 in Zhangjiajie.

2.2 人工植蘖接蚜越冬试验结果

2.2.1 人工植蘖 长沙试验点的 50 个聚酯瓶内种植侧枝匐灯蘖后的 120 d 内，苔蘖长势良好，经确认 50 个瓶内都有侧枝匐灯蘖成活，成活率 100%。张家界试验点的 3 256 瓶，植蘖 20 d 后检查，苔蘖成活率达到 99.3%。另外，每个聚酯瓶内除了侧枝匐灯蘖生长以外，也杂生有其它蘖种生长，这类共生蘖或杂草对聚酯瓶内保湿有一定的加强作用，因而不必清除。

2.2.2 人工接蚜 根据长沙试验点的观察结果，角倍蚜有翅秋迁蚜接种到聚酯瓶内侧枝匐灯蘖上 10 d 后，开始出现白色蜡球（每瓶有蜡球 1 ~ 5 只不等），无翅若蚜被包裹在蜡球中，在蜡球中进行生长发育。角倍蚜若蚜形成的蜡球不规则，由蜡粉和蜡丝缠绕形成，雪白色，一般着生在次生寄主蘖的叶腋处，蜡球直径 1.00 mm 左右。根据张家界试验点的观察结果，分批接入秋迁蚜一周后观察，蜡球形成率达到 91.6%。继续对长沙试验点的 50 个冬前接蚜聚酯瓶进行系统观察，于 2011 年 3 月 11 日发现聚酯瓶内有春迁蚜开始飞出，3

月 18 日达高峰,之后渐少。经进一步检查每个聚酯瓶内春迁蚜的产生情况,结果发现,在长沙试验点的 50 个冬前接蚜聚酯瓶中有 39 个聚酯瓶内可见到活的有翅角倍蚜,而在张家界试验点随机抽样的 50 个聚酯瓶中则有 42 瓶内可见到活的有翅角倍蚜(每瓶 1 ~20 只不等,为防止人为破坏蚜虫的自然生境,造成蚜虫损伤或溢跑,故未对每瓶内实际存活的蚜虫进行具体计数),即以瓶为单位计算,长沙试验点和张家界试验点角倍蚜在聚酯瓶内的越冬成功率分别达 78% 和 84% 。

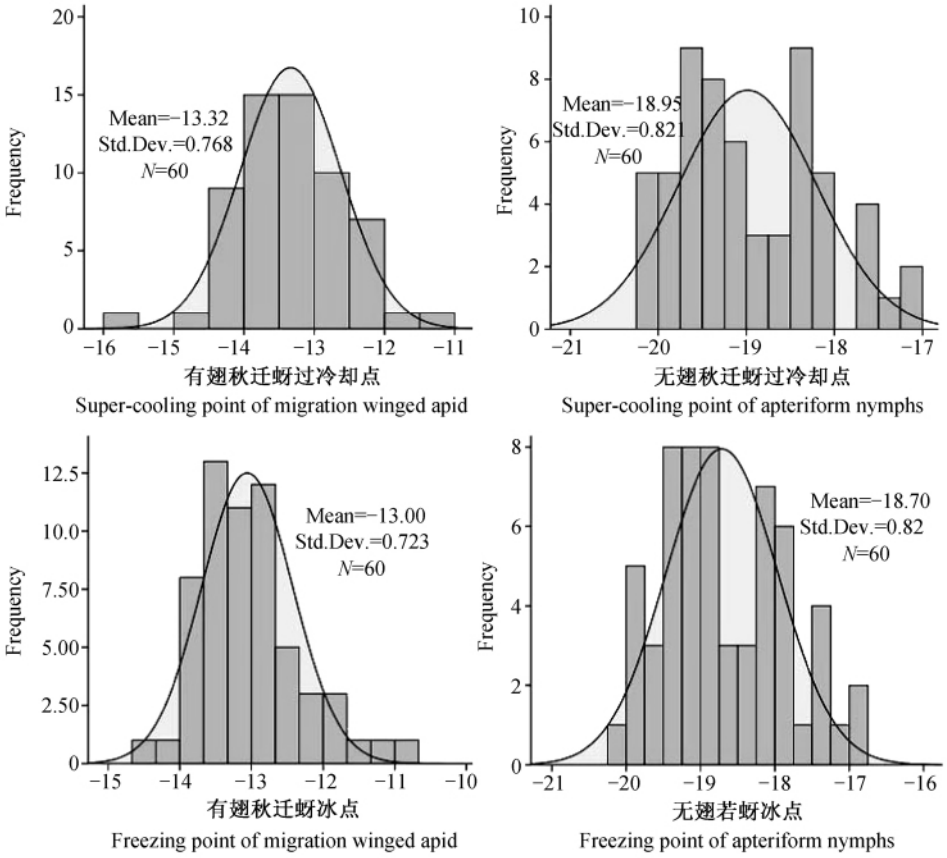


图 2　张家界角倍蚜 2 种虫态过冷却点、体液结冰点频率分布直方图(纵坐标表示出现次数)

Fig. 2　Frequency distribution diagram of supercooling points and freezing points of *Schlechtendalia chinensis* in Zhangjiajie

3　讨论

昆虫的过冷却点会随着季节或环境温度的变化而发生变化(鞠瑞亭和杜予州,2002;景晓红和康乐, 2003)。本试验所测虫源为 2010 年 10 月一次性取样的冬前角倍蚜,得出的结果主要用于比较该虫两种虫态的耐寒能力,并表明了无翅若蚜的过冷点和体液结冰点都显著低于有翅成蚜,从而提示,通过人工植蘖和适当的人工保温措施,有可能使耐寒能力较强的角倍蚜无翅若蚜能在张家界地区越冬。由于隆冬和冬后角倍蚜总体存活数极少(当地角倍蚜冬后虫源主要靠从外省引种),不容易获得足够的虫量,因而未能进行该时期的过冷却点测定,故关于张家界地区隆冬和冬后角倍蚜过冷却点问题还有待今后进一步加以研究。

在张家界地区自然条件下角倍蚜越冬率低,存活虫量极少,严重阻碍了当地五倍子产业的发展。其实,前人研究已经表明(李志国等,2008),增加五倍子蚜越冬后有效虫源数量的一个重要方法就是通过人工规模培育次生寄主蘖,然后接种种蚜,并控制适宜的温湿度等条件以提高五倍子蚜的越冬成活率。然而,在五倍子蚜(包括角倍蚜)的非主要越冬地区就如何开展人工植蘖和保障植蘖本身及人工接种的蚜虫能有较高的存活率

以及如何以低成本控制五倍子蚜冬季所需的适宜温湿度问题，一直是科学家和企业家寻求解决的难题。本研究表明，在人工植蘚的小型聚酯瓶内接种秋迁蚜，分别置于张家界地区和长沙地区一定的室外条件下，冬前能在小型聚酯瓶内见到包裹无翅若蚜的抗冻蜡球，而至第 2 年 3 月份又能见到有春迁蚜从聚酯瓶内飞出，这说明从聚酯瓶内飞出的春迁蚜是在瓶内经历了完整世代的有效蚜源。用小型聚酯瓶人工植蘚育蚜越冬的优点在于：便于保温保湿；便于防止严寒冰雪直接伤害越冬蚜；便于人工控制适宜的越冬条件；便于春季人工移瓶挂瓶让瓶内存活的春迁蚜自然迁入至倍子树上，在生产应用中，为了让聚酯瓶内的春迁蚜顺利迁飞至原生寄主盐肤木上，倍农只需在春迁蚜产生前夕，连同聚酯瓶一起挂于原生寄主盐肤木树上，春迁蚜即可上树致瘿。该方法有望在一定程度上解决张家界地区在五倍子生产过程中常年出现本地不能生产而需要从外地引进五倍子冬后虫源的技术难题。

参考文献（References）

Bell J，1848. The insect forming the Chinese gall. *Pharm. J.*，7:310.

毕冰峰，文礼章，朱亮，许浩，张钰，2010. 两种五倍子蚜虫的鉴定及倍子形态与倍蚜数量关系研究. 江西植保，33(4):159—162，166.

陈方平，1989. 倍化酸水解法制工业没食子酸. 林产化学与工业，9(1):34—41.

关鑫，陆永跃，曾玲，王琳，2009. 扶桑绵粉蚧的过冷却点和体液结冰点测定. 环境昆虫学报，31(4):381—384.

蒋智林，文礼章，2009. 甘薯天蛾过冷却点变化与生化成分的关系. 昆虫知识，46(2):294—297.

景晓红，康乐，2003. 飞蝗越冬卵过冷却点的季节性变化及生态学意义. 昆虫知识，40(4):326—328.

鞠瑞亭，杜予州，2002. 昆虫过冷却点的测定及抗寒机制研究概述. 武夷科学，18:252—257.

李志国，汤先赤，夏定久，2008. 中国五倍子. 昆明：云南科技出版社. 1—97.

邱明生，赵志模，1999. 角倍蚜冬寄主侧枝匐灯蘚的生长特性研究. 生态学杂志，18(2):10—12.

司徒春南，王健，喻理飞，2007. 不同环境条件下角倍蚜冬寄主无性繁殖研究. 贵州科学，25(1):39—42.

孙家鼎，1942. 湘西黔东倍子产销概况. 西南实业通信，5(4):95—104.

陶家驹，1943. 四川倍子蚜虫种类之检别. 新农林，2(3):17—21.

王建，傅小川，1996. 角倍蚜人工繁殖技术的效益分析. 林业科学研究，9(1):87—91.

张广学，乔格侠，钟铁森，张万玉，1999. 中国动物志（昆虫纲 十四卷 同翅目 纩蚜科 瘿绵蚜科）. 北京：科学出版社. 256—274.

张宗和，1991. 五倍子加工与利用. 北京：中国林业出版社. 1—303.

郑止善，1945. 五倍子. 正中书局. 29—31.