

钩纹皮蠹不同虫态过冷却点及结冰点的测定

段云博^{1#}, 吴海盼^{1#}, 郑霞林¹, 李俊^{2*}, 陆温^{1*}

(1. 广西农业环境与农产品安全重点实验室培育基地, 广西大学农学院, 南宁 530004;

2. 植物科学国家级实验教学示范中心, 广西大学农学院, 南宁 530004)

摘要 为初步明确钩纹皮蠹 *Dermestes ater* De Geer 不同虫态的抗寒能力, 本文运用智能昆虫过冷却点测定仪及配套软件测定钩纹皮蠹幼虫、蛹和成虫的过冷却点及结冰点, 比较不同虫态过冷却点和结冰点的差异, 以期钩纹皮蠹的越冬区划分、发生期预测和虫害防控等提供理论依据。结果表明, 钩纹皮蠹 3 日龄蛹的平均过冷却点最低, 为 -24.31°C , 1 龄幼虫平均过冷却点最高, 为 -16.34°C , 其余虫态平均过冷却点依次为老熟幼虫 (-24.04°C) $<$ 5 日龄蛹 (-23.84°C) $<$ 1 日龄蛹 (-23.01°C) $<$ 7 日龄蛹 (-19.53°C) $<$ 7 龄幼虫 (-19.16°C) $<$ 5 龄幼虫 (-18.75°C) $<$ 3 龄幼虫 (-18.43°C) $<$ 成虫 (-18.25°C); 老熟幼虫的平均结冰点最低, 为 -18.41°C , 5 龄幼虫平均结冰点最高, 为 -10.84°C , 其余虫态平均结冰点依次为 3 日龄蛹 (-18.26°C) $<$ 1 日龄蛹 (-17.13°C) $<$ 5 日龄蛹 (-16.87°C) $<$ 1 龄幼虫 (-14.66°C) $<$ 成虫 (-14.55°C) $<$ 7 日龄蛹 (-13.20°C) $<$ 3 龄幼虫 (-12.96°C) $<$ 7 龄幼虫 (-12.38°C)。钩纹皮蠹蛹和老熟幼虫有较强的抗寒能力, 但幼虫和成虫的抗寒能力较弱。

关键词 钩纹皮蠹; 抗寒性; 过冷却点; 结冰点

中图分类号: S 433.5 文献标识码: A DOI: 10.16688/j.zwbh.2017430

Supercooling points and freezing points at different stages of *Dermestes ater* De Geer

DUAN Yunbo¹, WU Haipan¹, ZHENG Xialin¹, LI Jun², LU Wen¹

(1. Guangxi Key Laboratory of Agri-Environmental and Agri-Product Safety, College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. National Demonstration Center for Experimental Plant Science Education, College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract In order to determine the cold resistance of *Dermestes ater* De Geer, the intelligent insect supercooling point tester and the matching software were used to measure the supercooling point and freezing point of its larvae, pupae and adults, and the differences between the supercooling point and the freezing point of different insect states were compared, so as to provide a theoretical basis for division of overwintering areas, occurrence forecast and pest control. The results showed that the 3-day-old pupa had the lowest average supercooling point (-24.31°C); the first-instar larva had the highest average supercooling point (-16.34°C), and the average supercooling points of the other insect states were as followed: mature larva (-24.04°C) $<$ 5-day-old pupa (-23.84°C) $<$ 1-day-old pupa (-23.01°C) $<$ 7-day-old pupa (-19.53°C) $<$ the seventh-instar larva (-19.16°C) $<$ the fifth-instar larva (-18.75°C) $<$ the third-instar larva (-18.43°C) $<$ adult (-18.25°C). The mature larva had the lowest average freezing point (-18.41°C); the fifth-instar larva had the highest average freezing point of -10.84°C , and the average freezing points of the other insect states were as followed: 3-day-old pupa (-18.26°C) $<$ 1-day-old pupa (-17.13°C) $<$ 5-day-old pupa (-16.87°C) $<$ the first-instar larva (-14.66°C) $<$ adult (-14.55°C) $<$ 7-day-old pupa (-13.20°C) $<$ the third-instar larva (-12.96°C) $<$ the seventh-instar larva (-12.38°C). The pupae and mature larvae showed stronger cold resistance, but the cold resistance of larvae and adults were weaker.

Key words *Dermestes ater*; cold resistance; supercooling point; freezing point

收稿日期: 2017-11-09 修订日期: 2017-12-06

基金项目: 国家现代农业产业技术体系广西柑橘产业创新团队项目 (nycytxgextd-05-03); 广西大学“大学生创新创业训练计划”项目 (201610593241)

* 通信作者 E-mail: luwenlwen@163.com; lijunlijun1981@163.com

为并列第一作者

昆虫属于变温动物,需要不断地调节自身的体温来应对环境温度的改变,环境温度的突然变化将会对其正常的生长发育和繁殖带来巨大影响。昆虫依赖多种多样的生态和生理适应才能在低温环境下生存,其中过冷却是应对低温胁迫最普遍的方式^[1]。虽然也有昆虫大量死亡出现在过冷却点之上的亚致死温度的现象,即过冷却点不能作为它们存活低温下限^[2],但毫无疑问过冷却点也是衡量昆虫抗寒能力强弱的重要指标之一,昆虫的过冷却点越低,其抗寒能力越强,反之就越弱^[3-4]。较强的过冷却能力可以使昆虫在低温胁迫下保持过冷却状态,从而令其体液不会结冰,昆虫的耐寒能力由此得以提高^[5-6]。因此,昆虫过冷却点的高低对于其越冬存活情况、分布范围和翌年的虫口基数尤为重要^[7-9]。

钩纹皮蠹 *Dermestes ater* De Geer 属于鞘翅目 Coleoptera 皮蠹科 Dermestidae。最早于我国 2 100 多年前的长沙马王堆一号墓中被发现,目前我国除新疆和青海外,其余各省均有分布^[10-12]。该虫在我国一年发生两代,幼虫共分 7 龄,室温下蛹期 7 d 左右。钩纹皮蠹主要取食动物性物质,例如鱼干、动物标本以及动物皮毛制成的衣物,同时又能够危害蚕蛹和蚕茧,影响出丝率和茧质,造成严重的经济损失^[13-16]。目前对于钩纹皮蠹的研究报道极少,仅有一些学者对该虫的形态特征、耐受最高温度和基本防治方法等进行研究^[16-18],而对于钩纹皮蠹生态学,尤其是抗寒性方面的研究尚属空白。故本研究以钩纹皮蠹为研究对象,测定并比较其不同虫态过冷却点及结冰点的差异,分析不同虫态抗寒能力的强弱,以期对钩纹皮蠹的越冬区划分、发生期预测和虫害防控等提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源及饲养方法

钩纹皮蠹成虫和幼虫采集于广西天景山丝绸有限公司(南宁市武鸣区双桥镇平陆工业园区)蚕茧仓库,在广西大学实验室内饲养备用。

成虫和幼虫分开饲养,将成虫和幼虫分别放入玻璃培养皿($d=150\text{ mm}$, $h=25\text{ mm}$)中进行饲养,每皿 30 头。实验室内日温度(27 ± 1) $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $65\%\pm 5\%$,光周期 L//D=16 h//8 h。幼虫进入预蛹期后,将其转入另一培养皿饲养,待其化蛹,避免被其他幼虫啃食。所有试验用虫均采用洁净、无病

虫害的蚕蛹饲养,每日更换新的食料并及时清理培养皿内排泄物。

1.2 试验仪器

智能昆虫过冷却点测定仪(SUN-V,北京鹏程电子科技中心)及配套软件,低温冰箱(BCD-296WDCN 型,青岛海尔股份有限公司)。

1.3 过冷却点和结冰点的测定

参照段云等^[19]的过冷却点测定方法,选取健康且发育一致的不同龄期(1、3、5、7 龄)幼虫、老熟幼虫、不同日龄(1、3、5、7 日龄)蛹和成虫(10 日龄)测定其过冷却点和结冰点,每组处理 30 头以上,以无虫体探头作空白对照,重复 3 次。虫体温度变化 1 s 记录 1 次,通过计算机及其配套软件进行记录和分析,绘制虫体温度变化曲线,确定过冷却点和结冰点。

1.4 数据分析

利用软件 SPSS 21.0 (IBM, Chicago, USA) 进行数据计算与分析,采用 Duncan 氏新复极差法比较各虫态过冷却点及结冰点的差异,显著性水平 $P<0.05$,采用单一样本 Kolmogorov-Smirnov 法检验分析不同虫态过冷却点和结冰点的频次分布特征。

2 结果与分析

2.1 钩纹皮蠹不同虫态过冷却点的比较

钩纹皮蠹不同龄期幼虫、老熟幼虫、不同日龄蛹和成虫的平均过冷却点测定结果见表 1。从表 1 可以看出,钩纹皮蠹 1 龄幼虫的平均过冷却点显著高于其他虫态($P<0.05$),3 日龄蛹的平均过冷却点最低。钩纹皮蠹不同龄期幼虫、老熟幼虫、不同日龄蛹和成虫的平均过冷却点由低到高排序为 3 日龄蛹(-24.31°C) $<$ 老熟幼虫(-24.04°C) $<$ 5 日龄蛹(-23.84°C) $<$ 1 日龄蛹(-23.01°C) $<$ 7 日龄蛹(-19.53°C) $<$ 7 龄幼虫(-19.16°C) $<$ 5 龄幼虫(-18.75°C) $<$ 3 龄幼虫(-18.43°C) $<$ 成虫(-18.25°C) $<$ 1 龄幼虫(-16.34°C)。

2.2 钩纹皮蠹不同虫态结冰点的比较

钩纹皮蠹不同龄期幼虫、老熟幼虫、不同日龄蛹和成虫的平均结冰点测定结果见表 1。由表 1 可以看出,钩纹皮蠹 5 龄幼虫的平均结冰点显著高于其他虫态($P<0.05$),老熟幼虫的平均结冰点最低。钩纹皮蠹不同龄期幼虫、老熟幼虫、不同日龄蛹和成虫的平均结冰点由低到高排序为老熟幼虫(-18.41°C) $<$ 3 日龄蛹(-18.26°C) $<$ 1 日龄蛹(-17.13°C)

<5 日龄蛹(−16.87℃)<1 龄幼虫(−14.66℃)< 虫(−12.96℃)<7 龄幼虫(−12.38℃)<5 龄幼虫
 成虫(−14.55℃)<7 日龄蛹(−13.20℃)<3 龄幼 (−10.84℃)。

表 1 钩纹皮蠹不同虫态的过冷却点和结冰点¹⁾

Table 1 The supercooling points and freezing points at different stages of *Dermestes ater*

虫态 Insect stage	过冷却点/℃ Supercooling point			结冰点/℃ Freezing point		
	最高值 Maximum	最低值 Minimum	平均值 Mean±SE	最高值 Maximum	最低值 Minimum	平均值 Mean±SE
1 龄幼虫 The first instar larva	−11.70	−23.63	(−16.34±0.68)a	−10.85	−20.75	(−14.66±0.59)c
3 龄幼虫 The third instar larva	−15.51	−20.94	(−18.43±0.26)b	−8.66	−18.02	(−12.96±0.45)bc
5 龄幼虫 The fifth instar larva	−15.18	−21.26	(−18.75±0.40)b	−5.82	−15.12	(−10.84±0.45)a
7 龄幼虫 The seventh instar larva	−11.51	−24.12	(−19.16±0.48)b	−6.40	−21.57	(−12.38±0.70)ab
老熟幼虫 Mature larva	−14.32	−28.79	(−24.04±0.53)c	−10.30	−26.31	(−18.41±0.83)d
1 日龄蛹 1-day-old pupa	−15.55	−27.82	(−23.01±0.49)c	−9.40	−25.70	(−17.13±0.59)d
3 日龄蛹 3-day-old pupa	−15.40	−27.89	(−24.31±0.45)c	−10.85	−26.14	(−18.26±0.60)d
5 日龄蛹 5-day-old pupa	−18.89	−27.92	(−23.84±0.40)c	−9.89	−22.89	(−16.87±0.48)d
7 日龄蛹 7-day-old pupa	−13.35	−25.81	(−19.53±0.58)b	−7.59	−20.47	(−13.20±0.55)bc
成虫 Adult	−10.06	−24.03	(−18.25±0.56)b	−6.98	−20.34	(−14.55±0.43)c

1) 表中所列的数据均为平均值±标准误,同一列中不同的字母表示经 Duncan 氏多重比较差异显著 ($P<0.05$)。
 Data in the table are mean±SE;different letters in the same column indicate significant difference based on DMRT ($P<0.05$).

2.3 钩纹皮蠹不同虫态过冷却点及结冰点的频次分布

钩纹皮蠹各个发育时期不同个体的过冷却点及结冰点均有不同程度的差异,但都符合正态分布($P>0.05$),且每一发育时期不同个体的过冷却点以及结冰点分布范围均有一定宽度(图 1 和图 2)。例如 1 龄幼虫过冷却点的范围为−23.63 ~ −11.70℃, 3 日龄蛹结冰点的范围为−26.14 ~ −10.85℃。各虫态过冷却点的宽度排序由大到小依次为老熟幼虫(14.47℃)>成虫(13.97℃)>7 龄幼虫(12.61℃)>3 日龄蛹(12.49℃)>7 日龄蛹(12.46℃)>1 日龄蛹(12.27℃)>1 龄幼虫(11.93℃)>5 日龄蛹(9.03℃)>5 龄幼虫(6.08℃)>3 龄幼虫(5.43℃);各虫态结冰点的宽度排序由大到小依次为 1 日龄蛹(16.30℃)>老熟幼虫(16.01℃)>3 日龄蛹(15.29℃)>7 龄幼虫(15.17℃)>成虫(13.36℃)>5 日龄蛹(13.00℃)>7 日龄蛹(12.88℃)>1 龄幼虫(9.90℃)>3 龄幼虫(9.36℃)>5 龄幼虫(9.30℃)。

3 讨论

本试验首次测定了钩纹皮蠹不同发育状态的过冷却点及结冰点,测试结果中钩纹皮蠹 7 日龄蛹的平均过冷却点(−19.53℃)在不同日龄蛹中最高,并显著高于其他日龄蛹,且除 7 日龄蛹外其他日龄蛹的过冷却点均没有显著性差异(表 1),但丁吉同等^[20]在对枣实蝇 *Carpomya vesuviana* Costa 的研究中发现随着蛹日龄的增加过冷却点也显著降低,

本研究与之不相符。由表 1 可以看出 7 日龄蛹的过冷却点与成虫差异不显著,本研究认为 7 日龄蛹处在将要羽化的临界点,此时期蛹体内各项生理生化指标的发育已与成虫基本一致,故与成虫的过冷却点基本一致。根据表 1 可知,钩纹皮蠹 1 日龄蛹与老熟幼虫、7 日龄蛹与成虫的过冷却点相比差异均不显著,本研究认为在钩纹皮蠹两种虫态(幼虫和蛹,蛹和成虫)的渐变点,相邻两种虫态的过冷却点差异不显著,应该具有相同的抗寒能力,但与韩兰芝等^[21]在对河北隆尧和湖南衡阳不同地理种群甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 过冷却点的研究中观点不一致。由表 1 可以看出 3 日龄蛹的过冷却点(−24.31℃)在越冬虫态(老熟幼虫和蛹)中最低,认为 3 日龄蛹处于蛹发育的中期且此时期的蛹体内各器官的分化基本完成,处于比较稳定的状态,故有较强的抗寒能力,本研究与郭俊杰等^[22]在对阿里山潜蝇茧蜂 *Fopius arisanus* (Sonan)抗寒性研究中的观点较一致。

由表 1 可以看出过冷却点最低值出现在老熟幼虫(−28.79℃),结冰点最低值也出现在老熟幼虫(−26.31℃),由于钩纹皮蠹过冷却点和结冰点的最低值都相对较低,理论上可以在我国绝大多数地区越冬,这一结论与前人报道该虫在我国分布范围很广基本一致^[10]。根据研究结果看,钩纹皮蠹老熟幼虫以及蛹(7 日龄除外)的过冷却点显著低于幼虫期(老熟幼虫除外),这一结果与

赵琦等^[23]在旋幽夜蛾 *Scotogramma trifolii* (Rottemberg)、段云等^[19]在黏虫 *Mythimna separata* (Walker)的研究结果相似,说明钩纹皮蠹的老熟

幼虫和蛹更适宜作为越冬虫态,这一结果与冬季实地采样调研中仅发现钩纹皮蠹的老熟幼虫和蛹相符。

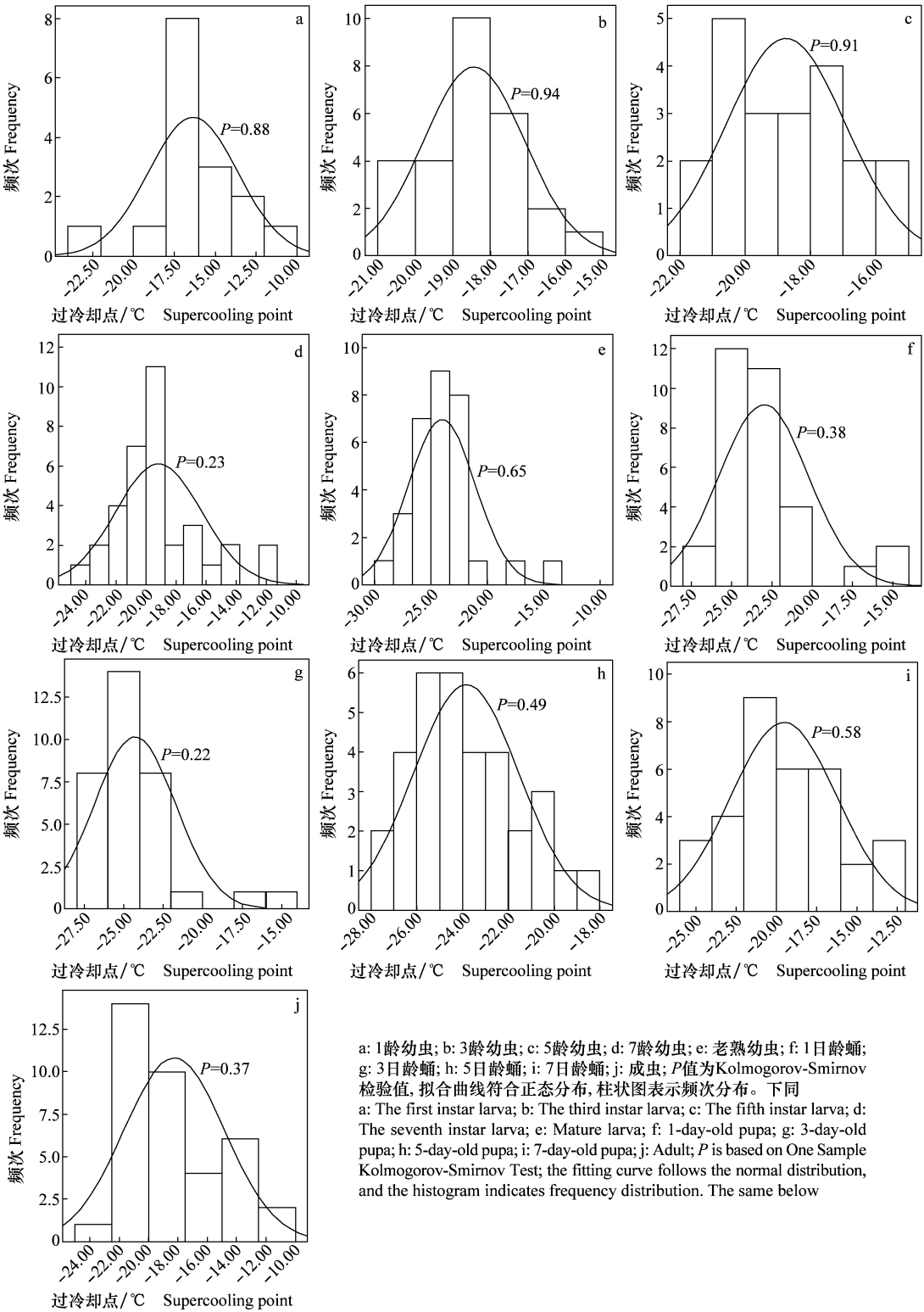


图1 钩纹皮蠹不同虫态过冷却点的频次分布

Fig. 1 Frequency distribution of the supercooling points at different stages of *Dermestes ater*

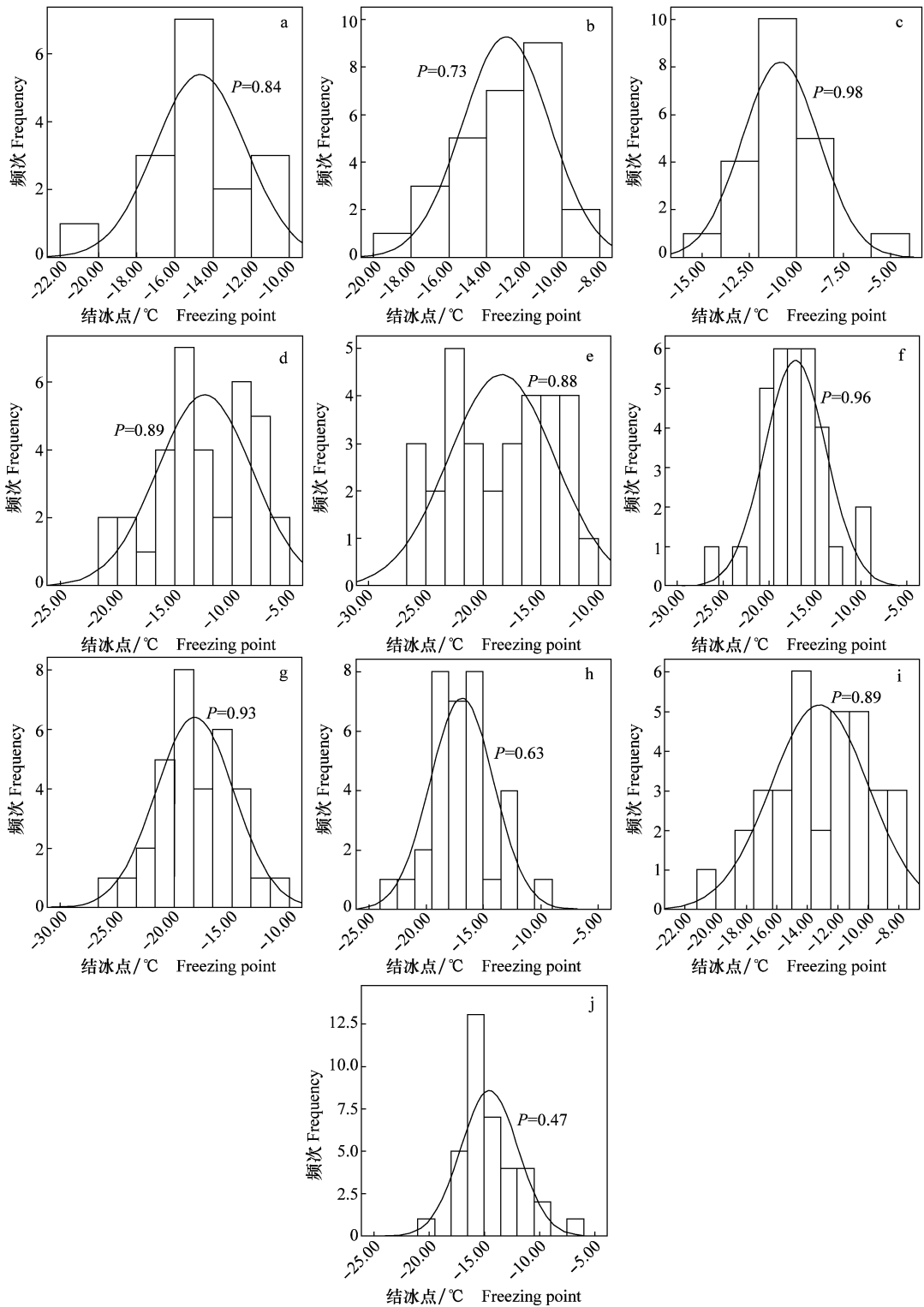


图 2 钩纹皮蠹不同虫态结冰点的频次分布

Fig. 2 Frequency distribution of the freezing points at different stages of *Dermestes ater*

本文对钩纹皮蠹不同虫态过冷却点及结冰点的测定只是研究其越冬及抗寒能力的基础数据,下一步需要进行室内控温条件下低温持续存活时间的测

定,来进一步分析其抗寒能力,并结合相关气象数据进行越冬区划分,以期钩纹皮蠹的发生期预测提供理论依据。

参考文献

[1] 李冰祥,陈永林,蔡惠罗. 过冷却和昆虫的耐寒性[J]. 昆虫知识,1998, 35(6):361-364.

[2] BALE J S. Insect cold hardiness: A matter of life and death [J]. European Journal of Entomology, 1996, 93(3):369-382.

[3] 景晓红,康乐. 昆虫耐寒性的测定与评价方法[J]. 昆虫知识, 2004, 41(1):7-10.

[4] 鹿金秋,王振营,何康来,等. 桃蛀螟越冬老熟幼虫过冷却点测定[J]. 植物保护,2009, 35(2): 44-47.

[5] 陈豪,梁草梅,邹朗云,等. 昆虫抗寒性的研究进展[J]. 植物保护,2010, 36(2):18-24.

[6] 张瑞,马纪. 昆虫过冷却点的影响因素概述[J]. 天津农业科学,2013, 19(11):76-84.

[7] MACDONALD J R, BALE J S, WALTERS K F A. Temperature, development and establishment potential of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae)[J]. European Journal of Entomology, 1999, 96(2):169-173.

[8] SAGE R B, FELL D, TUCKER K, et al. Post hibernation dispersal of three leaf-eating beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) colonizing cultivated willows and poplars [J]. Agriculture and Forest Entomology, 1999, 1(1):61-70.

[9] MACDONALD J R, HEAD J, BALE J S, et al. Cold tolerance, overwintering and establishment potential of *Thrips palmi* [J]. Physiological Entomology, 2000, 25(2):159-166.

[10] 朱弘复,王林瑶. 长沙马王堆一号汉墓中出土的昆虫尸体[J]. 考古,1973(1):62-64.

[11] 黄敏,陈志麟,方晋治. 进境动物干产品带虫规律初探[J]. 深圳特区科技,1995(3): 22-23.

[12] 何美长,洪树毅,瞿俊杰. 皇岗口岸进境植检截害虫概况[J]. 广东农业科学,1997(2):42.

[13] 陆凤良,卢中建,顾建飞,等. 蚕茧仓库害虫种类调查及其熏蒸剂筛选和处理试验[J]. 植物检疫,1995, 9(3):148-151.

[14] 张生芳,刘永平,武增强. 中国储藏物甲虫[M]. 北京:中国农业科技出版社,1998:126-127.

[15] 叶澄宇. 皮蠹科蛀虫对蚕茧的危害及防治方法的调研报告[J]. 中国纤检,2007(12): 45-47.

[16] 李俊,卓秋虹,黄令富,等. 钩纹皮蠹的形态特征及耐受最高温度的研究[J]. 广西农学报,2015, 30(2):22-24, 29.

[17] CHOWDHARY S K,叶静. 大批量蚕茧内钩纹皮蠹的杀灭方法[J]. 国外农学-蚕业,1990(1): 63-64.

[18] 中元直吉,高德三. 皮蠹对蚕卵、蛹、茧、生丝及丝织品的为害[J]. 国外农学-蚕业,1989(1):49-51, 57.

[19] 段云,巩中军,李慧玲,等. 黏虫幼虫和蛹过冷却点及结冰点的测定[J]. 植物保护,2016, 42(4):147-150.

[20] 丁吉同,阿地力·沙塔尔,程晓甜,等. 枣实蝇不同发育阶段过冷却点及结冰点的测定[J]. 西北农业学报,2014, 23(11):163-167.

[21] 韩兰芝,翟保平,张孝羲. 甜菜夜蛾的抗寒力研究[J]. 植物保护学报,2005, 32(2):169-173.

[22] 郭俊杰,季清娥,王波,等. 阿里山潜蝇茧蜂不同发育阶段过冷却点和结冰点[J]. 环境昆虫学报,2014, 36(1):22-27.

[23] 赵琦,张云慧,韩二宾,等. 旋幽夜蛾各虫态的过冷却点测定[J]. 植物保护,2011, 37(2):63-66.

(责任编辑:田 喆)

(上接 103 页)

[5] ZHANG S L, LIU G K, JANSSEN T, et al. A new stem nematode associated with peanut pod rot in China: morphological and molecular characterization of *Ditylenchus arachis* n. sp. (Nematoda: Anguinidae)[J]. Plant Pathology, 2014, 63(5): 1193-1206.

[6] 章淑玲. 花生茎线虫(*Ditylenchus arachis* n. sp.)新种鉴定、生物学及快速检测技术[D]. 福州:福建农林大学,2016.

[7] 中国农业百科全书编辑部. 中国农业百科全书·植物病理学卷[M]. 北京:农业出版社,1996:212.

[8] 彭晓放,陈德强,王东伟,等. 菊花滑刃线虫的培养条件和繁殖特性[J]. 华中农业大学学报,2015, 34(5):48-51.

[9] 张绍升. 植物线虫病诊断与治理[M]. 福州:福建科学技术出版社,1999:71-89.

[10] 方中达. 植病研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998:123-124.

[11] HUANG W K, PENG D L, ZHANG D S, et al. Assessment of genetic variability in population of *Ditylenchus destructor* (Thorne 1945) (Tylenchida: Anguinidae) from China [J]. Russian Journal of Nematology, 2010, 18(1): 19-30.

[12] JESZKE A, DOBOSZ R, OBREPALSKA-STEPLOWSKA A.

A fast and sensitive method for the simultaneous identification of three important nematode species of the genus *Ditylenchus* [J]. Pest Management Science, 2014, 71(2): 243-249.

[13] VOVLAS N, TROCCOLI A, PALOMARES-RIUS J E, et al. *Ditylenchus gigas* n. sp. parasitizing broad bean; a new stem nematode singled out from the *Ditylenchus dipsaci* species complex using a polyphasic approach with molecular phylogeny [J]. Plant Pathology, 2011, 60(4): 762-775.

[14] 李世通,肖顺,章淑玲,等. 腐烂茎线虫的培养[J]. 福建农林大学学报:自然科学版,2014, 23(1): 11-13.

[15] 王盛君,段玉玺,靳莹莹,等. 水稻干尖线虫(*Aphelenchoides besseyi*)人工培养研究[J]. 植物保护,2008, 34(3): 46-48.

[16] 刘斌,郑经武. 腐烂茎线虫单异活体繁殖方法研究[J]. 浙江农业学报,2006, 18(6): 445-447.

[17] 谢春芹,陈啸寅,潘以楼,等. 水稻干尖线虫室内人工培养条件研究[J]. 植物保护,2008, 34(5): 140-142.

[18] 贲爱玲,韩正敏,韩旭,等. 无菌松材线虫的获得及培养方法研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2008,32(3):99-102.

(责任编辑:田 喆)