昆虫知识 *Chinese Bulletin of Entomology* 2010,47(6):1257 ~ 1260

一种昆虫过冷却点的简易测定装置*

吕龙石[1**] 丛明亮[1] 孟艳玲[2]

(1. 延边大学农学院 龙井 133400; 2. 威海市农科院 威海 264200)

A simple device for testing insect super-cooling point. LV Long-Shi[1**], CONG Ming-Liang[1], MENG Yan-Ling[2] (1. *Agricultural College of Yanbian University*, Longjing 133400, China; 2. *Weihai Academy of Agricultural Sciences*, Weihai 264200, China)

Abstract Based on previous studies, improvements to a thermistor designed to test insect super-cooling and humoral freezing points is described. Compared to the normal thermocouple method, the improved device has the same accuracy but a higher test success rate and is more portable. The device first transcribes the thermistor value variation, which makes it easy to call up the super-cooling point and thermistor value at any time. It incorporates an insect clamp which shortens testing time and improves efficiency, and can be used for batch testing insect super-cooling and humoral freezing points both regularly and continuously.

Key words insect, super-cooling point, thermistor, test, method

摘 要 在前人的研究基础上改进了利用热敏电阻测定昆虫过冷却点和体液冰点的装置,经检验其准确度与常用的热电偶法基本相同,但其测定成功率较高,使用方便。本装置先录制热敏电阻值变化的全过程,便于随时调出并准确地读出过冷却点与体液冰点的热敏电阻值;开发了操作方便的昆虫夹,明显缩短了测定时间,提高了测定效率,可用于定期的、连续的昆虫过冷却点与体液冰点的批量测定。

关键词 昆虫,过冷却点,热敏电阻,测定,方法

1989 年发现昆虫过冷却点的存在之后,昆虫耐寒性的研究进入了新的领域[1]。因为昆虫最低过冷却点的高低是昆虫耐寒性的主要指标之一,因而测定昆虫最低过冷却点便成了研究昆虫抗寒力的常用方法。有关昆虫过冷却点的研究报道依稀可见,然而有关其测定方法却很少见到。秦玉川(1991)报导了使用温差热电偶测定昆虫过冷却点的方法(简称热电偶法)[2]。用该法测定昆虫的过冷却点受到了一些限制,一是灵敏度较低,只能测定体壁较薄、体型较大的鳞翅目幼虫,即使是这样的虫子,其测定成功率也只有 40% ~60% ;二是检流计体积较大,并要使用交流电,不便于携带;三是检流计读数为指针式,往往在过冷却点和体液冰点处读数掌握不准。秦玉川和杨建才(2000)又报导了热敏电阻 + 万用电表测定昆虫过冷却点的方法。该法由于灵敏度较高,扩大了可测定昆虫的范围,大大提高了测定成功率(95% ~100%)[3]。魏永平等(2001)用双温数字点温计直接测定了凹唇壁蜂成虫的过冷却点和体液冰点[4]。

上述过冷却点测定装置中存在的共同不足之处在于:一是固定供试虫体不容易,往往是费时、费工;二是很难在较短时间内进行批量昆虫的过冷却点测定。作者在科研实际中遇到了定期批量测定昆虫过冷却点和体液冰点的问题。为此,作者对秦玉川热敏电阻测定昆虫过冷却点装置进行了一些改进,克服了存在的不足,取得了比较满意的效果。

1 材料与方法

1.1 昆虫过冷却点简易测定装置主要组件与

* 资助项目:吉林省教育厅重点项目(吉教科合字[2007]第 1 号)。

** 通迅作者,E-mail:nxlls@ ybu. edu. cn

收稿日期:2010-06-10,修回日期:2010-07-16

操作方法

(1)过冷却点简易测定装置主要组件 NTC-TD 型玻璃热敏电阻(10 kΩ)、数字万用电表(DT-830B)、昆虫夹、缓温管、固定板、计算机以及摄像头等。

(2)过冷却点简易测定装置的组装 在计算机上安装好录像与播放软件后如图 1 所示组装热敏电阻昆虫过冷却点简易测定装置。

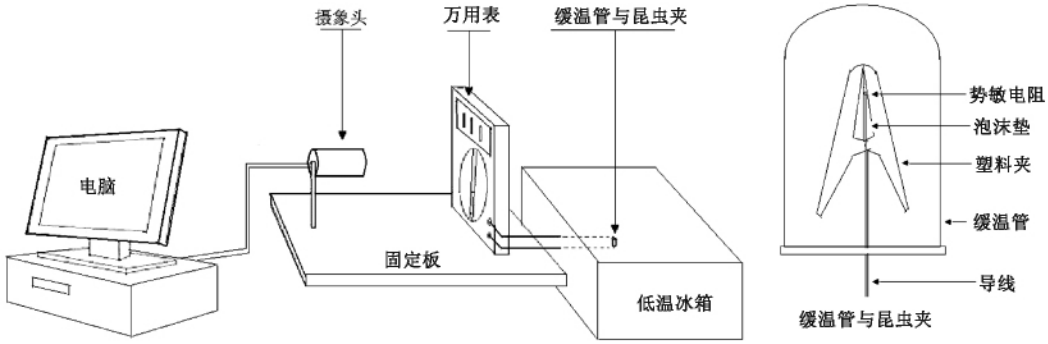

图 1 自制过冷却点简易测定装置

(3)昆虫夹与缓温管 昆虫夹是用常用塑料夹上安装热敏电阻泡沫垫而成(根据试虫大小与形态可以适度调整泡沫垫的大小与形状)。缓温管是采用 150 mL 离心管(长 11.5 cm、直径 3 cm)。

(4)低温环境的准备 用 DW-50 型低温冰箱制造低温环境,将冰箱的温度设置在最低过冷却点温度之下(-40℃)。

(5)过冷却点测定装置的操作方法 将供试昆虫(蜂茧)从储存冰箱中取出(蜂茧用手术刀片剥茧取虫),用调试好的昆虫夹迅速夹住供试昆虫(使虫体腹面紧贴昆虫夹泡沫垫上的热敏电阻),将夹好昆虫的昆虫夹迅速放入缓温管内,盖好盖并将其放入低温冰箱内,开始观测电阻值变化(录象)。由于 NTC-TD 型玻璃热敏电阻温变系数是负值,随着虫体温度的下降,热敏电阻值则上升(0 ~ 199.9 kΩ)。电阻值逐渐上升到某一数值(顶点)后会突然下降,下降到最低点(凹点)后又会逐渐上升,此时停止录像。将生成的 RMVB 文件进行编号命名储存。用播放软件播放 RMVB 文件,记录上升顶点的电阻值 R_{1i}(过冷却点)和下降凹点的电阻值 R_{2i}(体液冰点)予以计算。

1.2 数据运算

NTC-TD 型玻璃热敏电阻的温度系数 B 值为变量,当测试温度在不同区间变化时应采用对应的 B 值进行运算。

热敏电阻温度系数 B 值的计算公式如下:

$$B = t_1 t_2 \ln(r_{t1}/r_{t2})/(t_2 - t_1) \qquad (1)$$

式中:r_{t1}、r_{t2}:热敏电阻在温度分别为 t_1、t_2 时的电阻值(kΩ);t_1、t_2:为绝对温标(t_i + 273.15),由 NTC-TD 型玻璃热敏电阻的生产厂家提供,其主要参数如表 1。

表 1 NTC 热敏电阻温度与阻值

温度(℃)	0	-10	-20	-30	-40
电阻值(kΩ)	33.55	56.28	98.18	178.66	333.12*

注:* 为 -40℃ 的电阻实测值。

按(1)式计算获得的 B 值如表 2。

将热敏电阻换算成实际温度(℃)的公式如下:

$$T_i = t_2 B/[B + t_2 \ln(R_i/r_2)] - 273.15 \qquad (2)$$

在(2)中:t_2, r_2 分别为已知温度区间的上限温度与对应电阻值,R_i 为实测过冷却点或体液冰点的热敏电阻值。

例如,实测雌性凹唇壁蜂过冷却点平均电阻值为 125.3 kΩ,其值落于 -20 ~ -30℃ 区间,所以代入(2)式中的 t_2,、r_{t2}和 B 值分别为(-30 + 273.15)、178.66 kΩ 和 3 684.85,计算得雌性凹唇壁蜂过冷却点温度为 -24.2℃(表 3)。

表 2　不同温度区间内的 NTC 热敏电阻 B 值

温度区间(℃)	0 ~ -10	-10 ~ -20	-20 ~ -30	-30 ~ -40
B 值	3 718.34	3 706.96	3 684.85	3 531.92

1.3　昆虫过冷却点简易测定装置的准确度检验

用自制过冷却点热敏电阻简易测定装置和目前常用的秦玉川热电偶法,分别对不同供试昆虫进行了过冷却点的测定,对其结果进行平均数(成组数据)的假设测验,比较评判自制过冷却点热敏电阻简易测定装置测定结果的相对准确性。于 2009 年 12 月,由山东省威海市农业科学院提供凹唇壁蜂 *Osmia excavate* Alfken (♀、♂),角额壁蜂 *O. cornifrons* Radoszkowski (♀、♂)于 2009 年采集于长白山东部山区的和兴村。2 种壁蜂开始在 0℃冰箱内贮存,逐渐降温至 -10℃备用。于 2009 年 10 月初,异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas)为了越冬爬入室内就地捕捉在 5℃冰箱内贮存备用。

2　结果与分析

自制昆虫过冷却点热敏电阻简易测定装置与常用热电偶法测定供试昆虫过冷却点的测定结果见表 3。

表 3　2 种方法测定过冷却点的结果

试虫名		热敏电阻简易测定装置			热电偶法		
		过冷却点(℃)	试虫数(头)	成功率(%)	过冷却点(℃)	试虫数(头)	成功率(%)
凹唇壁蜂	♀	-24.2 ± 1.2	30	100.0	-23.9 ± 1.6	50	70.0
	♂	-23.5 ± 1.4	30	100.0	-22.6 ± 1.5	50	64.0
角额壁蜂	♀	-32.3 ± 1.9	30	100.0	-31.5 ± 1.9	50	60.0
	♂	-31.9 ± 1.8	30	100.0	-31.4 ± 2.2	50	54.0
异色瓢虫*	♀、♂	-5.0 ± 0.7	30	96.6	-5.2 ± 0.9	50	46.0

注:* 为 2009 年 10 月 24—25 日测定,其他于 2010 年 1 月 15—16 日测定。

对表 3 中 2 种方法(装置)测定结果进行平均数(成组数据)的假设测验表明,不同方法之间的昆虫过冷却点均无显著差异($t_{e♀} = 1.539 < t_{0.05\,1/63} = 1.998$, $t_{e♂} = 1.857 < t_{0.05\,1/60} = 2.000$, $t_{c♀} = 1.300 < t_{0.05\,1/58} = 2.002$, $t_{c♂} = 1.572 < t_{0.05\,1/55} = 2.004$, $t_a = 1.755 < t_{0.05\,1/51} = 2.008$),说明 2 种方法的准确度没有差异;但 2 种方法的成功率有明显差异且用自制昆虫过冷却点简易测定装置测定的成功率除异色瓢虫外均达到了 100%,说明自制的昆虫过冷却点热敏电阻简易测定装置的测定成功率很高。

3　结论与讨论

本次测定的雌雄凹唇壁蜂过冷却点与作者 2009 年 1 月 10 日所测结果非常接近[5],异色瓢虫的过冷却点与孙兴全等在上海所测结果非常接近[6],表明所测数据是可靠的,说明本文介绍的昆虫过冷却点热敏电阻简易测定装置的测定准确性较好,也说明本装置的测定重演性良好。

本文介绍的昆虫过冷却点热敏电阻简易测定装置,是参照秦玉川的热敏电阻法[3]加以改进而成,其主要优点有以下 2 点:

(1) 安装摄像头并与计算机相连录制热敏电阻值变化的全过程,便于随时调出并准确地读出过冷却点与体液冰点的热敏电阻值,克服了长时间肉眼观察疲劳而丢失数据的不足,提高了读数的准确性。

(2)根据供试昆虫的大小与形态特征,可以调整昆虫夹里泡沫垫的大小与形状。利用调试好的昆虫夹,固定虫体的操作变为简单容易,明显缩短了测定时间,提高了测定效率和成功率。

以上 2 个优点提供了定期的、批量测定昆

虫过冷却点的可能性。利用本文介绍的昆虫过冷却点热敏电阻简易测定装置，对山东威海的凹唇壁蜂进行了定期的、连续的过冷却点与体液冰点的测定[5]，其效果较好，解决了实际问题。

本文介绍的昆虫过冷却点热敏电阻简易测定装置，虽然优点明显，但还是有一些不足。如，5 mm 以下较小昆虫的过冷却点很难测定。其主要原因一是 NTC-TD 型玻璃热敏电阻形状为圆柱形，即便作了昆虫夹也很难夹住小型昆虫；二是小型昆虫过冷却点的复升体温较低，NTC-TD 型玻璃热敏电阻灵敏度又不够，几乎测不到小型昆虫的过冷却点。如何弥补以上不足，进一步提高测定装置灵敏度和自动化程度，最终开发出真正意义上的“测定昆虫过冷却点仪器”，有待于进一步的深入研究。

参 考 文 献

1 Lee R. E., Denlinger D. L. Low Temperature Biology of Insects. New York: Cambridge University Press, 1991. 17 ~ 46.

2 秦玉川. 昆虫学通论实验指导. 北京：北京农业大学出版社. 1991. 124.

3 秦玉川，杨建才. 一种便携式测定昆虫过冷却点的方法. 昆虫知识，2000，**37**(4)：236 ~ 238.

4 魏永平，袁锋，张雅林. 凹唇壁蜂的耐寒性及生殖潜力研究. 昆虫知识，2001，**38**(2)：122 ~ 124.

5 丛明亮，孟艳玲，王鹏，等. 山东威海凹唇壁蜂过冷却点的测定. 延边大学农学学报，2010，**32**(1)：56 ~ 58.

6 孙兴全，仇红柳，褚可龙，等. 异色瓢虫的过冷却点测定及其对棚栽蔬菜蚜虫的防治效果. 上海交通大学学报(农业科学版)，2002，(4)：346 ~ 347，351.