

两种蝗虫越冬卵过冷却点和结冰点的测定

刘延超,李颖姣,高宇,史树森

(吉林农业大学农学院/大豆区域技术创新中心,长春 130118)

摘要:中华稻蝗(*Oxya chinensis*)与长额负蝗(*Atractomorpha lata*)是东北地区水旱田中主要害虫。为明确中华稻蝗和长额负蝗越冬卵过冷却点及耐寒性,采用热电偶法,运用过冷却点测定仪和超低温冷冻储存箱进行测定中华稻蝗和长额负蝗越冬卵过冷却点,同时测量中华稻蝗与长额负蝗卵的含水量,长宽及卵囊的形态指标。结果表明中华稻蝗越冬卵的过冷却点平均值为 $(-15.85\pm 1.42)^{\circ}\text{C}$,结冰点平均值为 $(-12.73\pm 1.29)^{\circ}\text{C}$,含水量平均值为59%,长额负蝗越冬卵的过冷却点平均值为 $(-25.09\pm 0.18)^{\circ}\text{C}$,长额负蝗的结冰点平均值 $(-19.44\pm 0.40)^{\circ}\text{C}$,含水量平均值为71%。中华稻蝗和长额负蝗卵内含水量的改变对过冷却点具有显著影响。在蝗虫的耐寒性的研究当中应与其与生活环境、发育阶段与生物学状态、体内含水量及抗冻保护物质、冰核物质等因素联系起来。

关键词:中华稻蝗;长额负蝗;过冷却点;结冰点;含水量;耐寒性

中图分类号:S433.2

文献标志码:A

论文编号:casb16120039

Determination of Supercooling Point and Freezing Point of Overwintering Eggs of Two Grasshoppers

Liu Yanchao, Li Yingjiao, Gao Yu, Shi Shusen

(College of Agriculture, Jilin Agricultural University/Innovation Center of Soybean Region Technology, Changchun 130118)

Abstract: *Oxya chinensis* and *Atractomorpha lata* are main pests in paddy and dry field in Northeast China. To determine the supercooling point of overwintering eggs and cold resistance of *Oxya chinensis* and *Atractomorpha lata*, the thermocouple method, coupled with supercooling point measuring instrument and ultra-low temperature freezer were used to measure the supercooling point, water content, the length and width of morphological index of eggs from *Oxya chinensis* and *Atractomorpha lata*. The results showed that the average value of the supercooling point of overwintering eggs of the *Oxya chinensis* was $(-15.85\pm 1.42)^{\circ}\text{C}$, the average value of the freezing point of the *Oxya chinensis* was $(-12.73\pm 1.29)^{\circ}\text{C}$, and the average value of the water content was 59%. The average value of the supercooling point of overwintering eggs of the *Atractomorpha lata* was $(-25.09\pm 0.18)^{\circ}\text{C}$, the average value of the freezing point of the *Atractomorpha lata* was $(-19.44\pm 0.40)^{\circ}\text{C}$, and the average value of the water content was 71%. The change of water content in *Oxya chinensis* and *Atractomorpha lata* had a significant effect on the supercooling point. Therefore, the research of the cold resistance of grasshopper should be linked with its life environment, developmental stage, biological state, body water content, anti-freeze protective substance, ice nuclear material and other factors.

Key words: *Oxya chinensis*; *Atractomorpha lata*; supercooling point; freezing point; water content; cold resistance

基金项目:现代农业技术体系建设项目“国家大豆产业技术体系建设”(CAR-04);农业部东北作物有害生物综合治理重点实验室开放基金课题(DB201505KF03)。

第一作者简介:刘延超,男,1992年出生,吉林吉林人,硕士研究生,研究方向:农业害虫综合治理。通信地址:130118 长春市新城大街2888号吉林农业大学农学院, E-mail: 726655196@qq.com。

通讯作者:史树森,男,1963年出生,吉林扶余人,教授,博士生导师,研究方向:农业害虫综合防治及资源昆虫利用。通信地址:130118 长春市新城大街2888号吉林农业大学农学院, Tel: 0431-84333386, E-mail: sss-63@263.net。

收稿日期:2016-12-07,修回日期:2017-02-19。

0 引言

中华稻蝗 (*Oxya chinensis*) 与长额负蝗 (*Atractomorpha lata*) 在中国属于农作物主要害虫, 对农业生产造成严重影响^[1]。国内对其报道多集中于生理特征和形态结构, 国外澳大利亚等地对蝗虫为害有初步报道。中华稻蝗是中国北方地区水稻和大豆作物主要食叶类害虫, 每年发生1代, 以卵在土中越冬。中华稻蝗趋势具有趋嫩性, 喜欢啃食水稻和大豆上部叶片, 轻则叶片出现小洞, 影响植株光合作用, 重则植株上部嫩叶全部被啃光^[2-3]。随着中华稻蝗虫龄的增长取食量加大, 被咬食的叶片增多, 严重影响植株的正常生长发育, 造成果实品质不良, 产量下降。长额负蝗同为大豆上主要食叶类害虫, 在东北1年发生1代, 以卵在沟边土中越冬。长额负蝗喜栖于湿度大、地被多、大豆叶子茂密的环境, 在灌渠两侧的大豆地发生较多^[4]。活动范围较小, 善跳跃或近距离迁飞。同样取食具有趋嫩性, 啃食大豆叶片为害, 造成叶片缺刻和孔洞现象, 严重时在短时间内将叶片食光, 仅留枝干和叶柄。影响植株生长发育。

中国北方地区冬季寒冷, 中华稻蝗和长额负蝗为了躲避寒冷的环境, 以卵在土壤中越冬, 卵期也是其一生中最为静止的时期, 它不能通过移动行为来躲避环境的不良作用^[5], 因此与环境的关系也更为密切。尤其在东北地区, 蝗虫卵要在土壤中度过7个多月, 所以蝗虫卵的耐寒性就直接决定着其在寒冷的环境下能否存活, 直接反映下一年虫害的发生情况。

对昆虫耐寒性的研究早在1736年就有报道^[6], Bachmetjew发现了昆虫的过冷却点, 这一发现为昆虫在低温环境下的适应能力, 以及许多有关实践问题的研究开辟了广阔的前景^[7]。最开始关于耐寒性的研究多集中于植物方面^[8], 直到20世纪60年代, 才开始出现昆虫的耐寒性研究^[9]。近年来, 在对大量的昆虫抗寒性研究中, 过冷却点和结冰点都作为一个重要的指标来界定昆虫耐寒性强弱^[10]。虽然在某些种类昆虫中, 有些死亡出现在过冷却点以上的亚致死温度^[11], 过冷却点不能作为它们存活的低温下限, 但其过冷却能力在昆虫耐寒性强弱中所起的作用还是不可否认的^[12-13], 它作为一个相对的抗寒性指标也是不容忽视的。本研究旨在对中华稻蝗和长额负蝗越冬卵进行过冷却点和结冰点的测定, 以期明确中华稻蝗和长额负蝗耐寒性基本原理, 对预测和防治虫害方面提供重要科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

中华稻蝗和长额负蝗卵与2015年3月上旬采自吉

林农业大学大豆区域技术创新中心试验田。采集卵时用铁铲取地表土层, 将虫卵囊取出, 用毛笔拂去卵粒表面土。卵表皮的较脆, 将采集的卵, 装入50 mL离心管内, 放入实验室室温保存, 每次实验测定用20粒卵。

1.2 实验仪器

SUN-V智能过冷却点测定仪(北京鹏程电子科技有限公司), 超低温冷冻储存箱(DW-FL90型, 中科美菱低温科技有限责任公司), 电子天平, ZXFD-A5250型烘干箱, 光学显微镜, 游标卡尺等。

1.3 两种蝗虫越冬卵形态观察

将采集完的中华稻蝗和长额负蝗卵, 在显微镜下对其卵囊形状, 颜色进行观察, 并记录。用镊子将卵囊中卵块分离, 记录每个卵囊含有卵粒数, 同时对卵粒形状, 颜色进行记录, 供后续研究。

1.4 两种蝗虫越冬卵过冷却点结冰点和含水量的测定

用热敏探头与蝗虫卵绑定, 进行过冷却点测定。从采集的卵囊中选取完整, 外表有韧性, 饱满的蝗虫卵粒, 实验前用电子天平准确称量每粒卵鲜重, 并标号统计。将测量完的卵粒放入离心管底部, 热敏探头放入离心管内并与卵体充分接触, 并用棉花与胶带固定, 按照编号顺序将装有卵体的离心管固定在泡沫板中, 放入超低温冷冻储存箱中。开启过冷却点测定仪, 调节温度以1°C/min速率降至-30°C, 进行过冷却点测定。

过冷却点试验测定结束后, 取中华稻蝗和长额负蝗越冬卵, 称其鲜重(*FW*), 放入60°C箱中烘72 h至恒重, 再称量记录干重(*DW*)。将测定完过冷却点的卵粒保存在-40°C冰箱中备用。

卵含水量的计算见公式(1)。

$$\text{卵含水量} = \frac{FW - DW}{FW} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

1.5 数据统计与分析

采用Microsoft Excel及DPS 9.5软件对中华稻蝗和长额负蝗形态数据进行统计整理及过冷却点、结冰点、含水量的分析。

2 结果与分析

2.1 两种蝗虫越冬卵形态特征

中华稻蝗: 囊长12.4~16.8 mm, 平均14.0 mm, 宽6.7~10.4 mm, 平均8.9 mm, 长宽比约为1.5。囊壁泡沫状, 泡沫状物质呈黄褐色, 在卵粒之外仅薄薄一层, 粘有少量砂土, 但不牢固, 易去掉。卵囊多分布在含水量很高的稻田田埂及其它作物地附近的土壤中, 囊内有卵36~56粒, 几乎占满全囊。卵粒长度范围4.6~5.3 mm, 平均值为4.9 mm, 宽度范围为1.2~1.6 mm, 平均值为1.4 mm。长宽比约为3.5。卵粒土黄色或黄色, 整体呈

椭圆形, 上端斜切, 下端钝圆, 中间较粗, 表面光滑。卵壳表面粘有一层不易去掉的泡沫状物质, 所以它的表面细致结构难以看到(图1)。

长额负蝗: 囊长 14.3~25.3 mm, 平均 19.1 mm, 宽 5.5~7.6 mm, 平均 6.5 mm, 长宽比约为 3。卵囊通常呈长圆筒状, 没有卵囊盖, 卵囊壁呈棕色海绵泡沫状, 粘有少量泥土, 松软, 卵囊里卵粒容易脱落, 卵囊壁质地较软, 遇到外力卵囊内的卵粒容易散开。泡沫状物质呈可可棕色或榨叶色, 网状, 卵粒之上的泡沫状物质较厚, 约为囊长的 2/5, 而其余部位的则很薄。囊内通常有卵 30 到 50 粒, 多则 70 粒。卵粒长度范围 4.2~4.8 mm, 平均值 4.5 mm。宽度范围为 1.0~1.4 mm, 平均值 1.1 mm, 长宽比约为 4。卵粒较直, 呈椭圆形, 卵粒中间较粗, 两端与中间相比略微细, 两端呈圆弧状。卵粒呈黄褐色或棕色。卵壳较厚, 表面粗糙, 具有由 5 或 6 个隆起的脊围成的网状小室, 在脊的衔接处有细小的瘤状突起, 其直径大于脊的宽度。卵孔清晰可现, 卵孔

带附近较为平滑。卵粒间有少量泡沫状物质, 与卵粒不粘连, 卵粒在囊内与囊纵轴呈平行状堆积排列(图2)。

2.2 两种蝗虫越冬卵含水量分析

中华稻蝗越冬卵的含水量平均值为 59%, 长额负蝗越冬卵的含水量平均值为 71%, 长额负蝗与中华稻蝗的差异性明显, 且长额负蝗的数值显著高于中华稻蝗。

2.3 两种蝗虫越冬卵过冷却点分析

中华稻蝗越冬卵的过冷却点平均值为 -15.85℃, 长额负蝗越冬卵的过冷却点平均值为 -25.09℃, 中华稻蝗与长额负蝗的过冷却点差异性明显。

2.4 两种蝗虫越冬卵结冰点分析

结冰点与过冷却点变化趋势基本一致, 中华稻蝗的结冰点平均值为 -12.73℃, 长额负蝗的结冰点平均值 -19.44℃。从结冰点差值上来看, 中华稻蝗和长额负蝗越冬卵的过冷却比较明显, 具有显著差异。



图1 中华稻蝗卵囊及卵粒



图2 长额负蝗卵囊及卵粒

表1 两种蝗虫越冬卵含水量分析

种类	观察卵量	含水量/%			差异显著性
		最大值	最小值	平均值	
中华稻蝗	20	69.23	46.43	58.81	0.59±0.02A
长额负蝗	20	77.14	63.89	71.00	0.71±0.01B

注: 表中平均数±标准误后同一列字母不同者表示差异显著($P < 0.01$), 下同。

表2 两种蝗虫越冬卵过冷却点分析

种类	观察卵量	过冷却点/°C			差异显著性
		最大值	最小值	平均值	
中华稻蝗	20	-7	-25.68	-15.85	-15.85±1.42A
长额负蝗	20	-23.61	-26.91	-25.09	-25.09±0.18B

表3 两种蝗虫越冬卵冰点分析

种类	观察卵量	结冰点/°C			差异显著性
		最大值	最小值	平均值	
中华稻蝗	20	-5.12	-21.81	-12.73	-12.73±1.29A
长额负蝗	20	-16.53	-22.71	-19.44	-19.44±0.40B

3 结论

本研究通过对中华稻蝗和长额负蝗越冬卵的卵囊构造、过冷却点、结冰点和含水量测定可明确以下几项内容：(1)在形态上，中华稻蝗卵囊长14.0 mm小于长额负蝗卵囊长19.1 mm，中华稻蝗卵囊宽8.9 mm大于长额负蝗卵囊宽6.5 mm；中华稻蝗卵囊表面有一层黄褐色泡沫状覆盖物，长额负蝗卵囊壁则为松散的网眼状物质。两种蝗虫在卵囊构造上有明显差异，在其他卵粒大小、卵囊内卵粒数目等测量指标无太大明显差异。(2)中华稻蝗越冬卵的含水量59%低于长额负蝗越冬卵的含水量71%，差异性明显。(3)中华稻蝗越冬卵的过冷却点平均值-15.85°C高于长额负蝗越冬卵的过冷却点平均值-25.09°C，具有显著差异。(4)中华稻蝗的结冰点平均值-12.73°C高于长额负蝗越冬卵的结冰点平均值-19.44°C，中华稻蝗和长额负蝗越冬卵的过冷却点差值比较明显，具有显著差异。

蝗虫卵的过冷却点结冰点与蝗虫卵内的总含水量呈负相关，即总含水量高的蝗虫卵，其过冷却点和结冰点也较低。中华稻蝗和长额负蝗卵内含水量的改变对过冷却点和结冰点具有显著影响。中华稻蝗和长额负蝗越冬卵在寒冷环境条件下，为适应环境生存，将体内水分大幅度下降。对于大多数昆虫来说，只有将生理生化调节方式和抵御低温的生态行为结合起来才能正常越冬存活。

4 讨论

本研究将过冷却点、结冰点的测定与蝗虫卵的形态及卵囊构造和含水量结合起来，可以较好的解释两种蝗虫卵过冷却点与结冰点的差异，这对进一步解释北方地区中华稻蝗和长额负蝗越冬卵的抗寒性提供了新的科学依据。中华稻蝗卵囊表面的覆盖物将卵粒包裹在一起，同时中华稻蝗卵粒表面也有一层黄褐色覆盖物，而

长额负蝗卵囊及卵粒几乎是裸露在土壤中。中华稻蝗卵囊和卵粒表面的覆盖物可以更好的保护其越冬，这就降低了中华稻蝗卵的过冷却能力，而长额负蝗卵的卵囊构造就决定了其在自然驯化过程中具有较高的过冷却能力。中华稻蝗和长额负蝗卵在越冬过程中，蝗虫卵的含水量持续下降，几乎接近致死临界点。排除蝗虫卵内水分，增加了体内溶质的浓度，降低了蝗虫卵体液的冰点和过冷却点^[16]。此外，由于含水量的降低，体内连续较大的整体水相可能被一些组织或某些高浓度的物质所分离，而有利于昆虫体液的过冷却^[17]。寒冷环境下，中华稻蝗和长额负蝗卵内细胞组织会结冰。最先开始结冰的是细胞外体液，这将引起蝗虫细胞外体液的浓度升高，细胞内水分外渗，使细胞内体液的浓度升高，其冰点下降^[18-19]。蝗虫卵细胞外体液结冰会对不同越冬卵造成不同的损伤，由于其具有耐寒性，所以不一定致死。当在寒冷环境下，蝗虫卵粒的温度下降的一定值时，细胞内的水分才会突然结冰^[20-21]。正常情况下，中华稻蝗和长额负蝗卵内细胞结冰是致死的。

本研究所测定蝗虫卵为春季采集的越冬卵，实验结果仅表明这一时期的自然规律。在自然条件下，中华稻蝗和长额负蝗随着季节的变化存在一个逐渐自然驯化适应环境的过程。同时，蝗卵随着季节性气温变化卵内产生小分子抗冻物质，从而影响中华稻蝗和长额负蝗的自身过冷却能力。过冷却现象对生物的耐寒性有很大意义^[22-24]，许多生物在冬天到来之前，逐渐积累起可溶性糖和脂肪，以降低其过冷却点，达到避免结冰的目的^[25]。在今后研究当中应对不同发育阶段的蝗虫卵进行测定，再把耐寒性与生活史中环境条件、生物学状态、抗冻保护物质、冰核物质等因素联系起来，这样可以更明确昆虫自身是如何满足越冬需求，从而促进种群持续发展。

参考文献

- [1] 史树森.大豆害虫综合防控理论与技术[M].长春:吉林出版集团有限责任公司,2013:199-204.
- [2] 李书琴,赵书文,王晋瑜.中华稻蝗的发生与防治[J].植物医生,2013(5):4-5.
- [3] 李艳君.中华稻蝗在辽宁中部地区的发生及防治[J].垦殖与稻作,2003(4):29-30.
- [4] 田方文.紫花苜蓿田短额负蝗发生规律与防治[J].草业科学,2005(3):79-81.
- [5] 景晓红,康乐.飞蝗越冬卵过冷却点的季节性变化及生态学意义[J].昆虫知识,2003(4):326-328.
- [6] Somme L. The history of cold hardiness research in terrestrial arthropods [J]. Cryoletters,2000,21(5):289-296.
- [7] Bale J S, Hayward S A L. Insect overwintering in a changing climate [J]. The Journal of Experimental Biology, 2010, 213: 980-994.
- [8] 李娜,周晓榕,庞保平.亚洲小车蝗卵过冷却能力与小分子糖醇及氨基酸的关系[J].中国农业科学,2014(24):4830-4839.
- [9] 任金龙,赵莉,赵炎,等.意大利蝗对温度耐受力的初探[J].草业科学,2015(2):274-280.
- [10] 李娜,周晓榕,庞保平,等.轮纹异痂蝗卵的过冷却能力与其体内水分和生化物质含量的关系[J].昆虫学报,2014(7):745-753.
- [11] 李娜,周晓榕,庞保平.宽翅曲背蝗卵的过冷却能力与抗寒性[J].应用生态学报,2014(7):2099-2104.
- [12] 陈伟,吴伟坚,刘婷,等.越北腹露蝗卵的过冷却特性[J].昆虫知识,2006(4):479-481.
- [13] 李瑾.宽翅曲背蝗和亚洲小车蝗卵的抗寒性研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2012.
- [14] 任金龙.意大利蝗生物学及生命表的研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2015.
- [15] 朱道弘,陈艳艳,赵琴.黄脊雷菟蝗越冬卵的滞育发育特性[J].生态学报,2013(10):3039-3046.
- [16] 王思忠,李庆,封传红,等.西藏飞蝗各发育阶段的耐寒性[J].昆虫知识,2007(6):896-897.
- [17] 李庆,王思忠,封传红,等.西藏飞蝗(*Locusta migratoria tibetensis* Chen)耐寒性理化指标[J].生态学报,2008(3):1314-1320.
- [18] 王思忠.西藏飞蝗生物学特性及耐寒性研究[D].雅安:四川农业大学,2006.
- [19] 欧阳芳,戈峰.昆虫抗冻耐寒能力的测定与分析方法[J].应用昆虫学报,2014(6):1646-1652.
- [20] Sømme L. The physiology of cold hardiness in terrestrial arthropods [J]. European Journal of Entomology, 1999,96:1-10.
- [21] 鄧伦山.中华通草蛉成虫的滞育与耐寒性研究[D].泰安:山东农业大学,2005.
- [22] 崔双双.中华稻蝗的胚胎发育及卵耐寒性的地理变异[D].长沙:中南林业科技大学,2011.
- [23] 马国兰,徐玲玲,唐国文,等.低温和变温诱导对飞蝗胚胎发育的影响[J].应用昆虫学报,2015(2):419-427.
- [24] 张瑞,马纪.昆虫过冷却点的影响因素概述[J].天津农业科学,2013,11:76-84.
- [25] 鞠瑞亭,杜予州.昆虫过冷却点的测定及抗寒机制研究概述[J].武夷科学,2002,18(1):252-257.