

298-302

21163(13)

第17卷第3期

生态学报

Vol. 17, No. 3

1997年5月

ACTA ECOLOGICA SINICA

May, 1997

棉铃虫抗寒能力的研究

吴孔明 郭予元 韦建福 孙福在

(中国农业科学院植物保护研究所, 北京, 100094)

5435.622.9

A

摘要 对棉铃虫(*Helicoverpa armigera* Hübner) 9个地理种群的抗寒能力进行了研究。棉铃虫非滞育蛹和滞育蛹的过冷却点分别分布于 -19.13°C 至 -18.16°C 和 -19.53°C 至 -19.03°C 范围内, 随纬度升高, 地理种群的过冷却点呈降低趋势。非滞育蛹在低温下的生存能力显著低于滞育蛹。采自北部特早熟棉区的辽宁省辽阳市种群, 其抗寒性和华北种群无明显区别, 但长江流域棉区的湖北省武穴种群显著低于华北种群。武穴种群、新乡种群、高密种群、定兴种群和北京种群1995年在北京西郊的越冬率依次为0%、0%、4.43%、16.67%和25%。依据上述研究结果, 作者认为我国棉铃虫的越冬北界应在1月份平均最低温度 -15°C 等温线左右, 长江流域棉铃虫在华北地区难以越冬, 北部特早熟棉区棉铃虫由华北地区迁入。

关键词: 棉铃虫, 抗寒能力, 过冷却点, 越冬。

棉花害虫

ON THE COLD HARDINESS OF COTTON BOLLWORM, *HELCOVERPA ARMIGERA*(HÜBNER)

Wu Kongmin Guo Yuyuan Wei Jianfu Sun Fuzai

(Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100094, China)

Abstract Cold hardiness of cotton bollworm from nine geographic regions in China was investigated in the laboratory and field. The supercooling points (SCP) of non-diapausing and diapausing pupae of different populations ranged from -19.13°C to -18.16°C and -19.53°C to -19.03°C , respectively, generally, SCPs of geographic populations increased with the decreased latitude. The differences of 50% lethal times (LT50s) indicated that survival of diapausing pupae was significantly higher than that of non-diapausing pupae. Under the same low temperature conditions, no difference in mortality of pupae was found between northeast China, higher latitude, and north China, lower latitude populations, suggested that the former population immigrate from the latter region; but the pupae mortalities of the two regions were significantly higher than that of Wuxue population from Changjiang Cotton Area. The overwintering rates for the populations from Wuxue, Xinxiang, Gaomi, Dingxing and Beijing were 0%, 0%, 4.34%, 16.67%, and 25%, respectively, tested in Beijing field in 1995. Based on the above results, overwintering boundary as the -15°C mean lowest temperature in

收稿日期: 1995-11-23, 修改稿收到日期: 1996-09-12。

January for cotton bollworm was defined. It was also suggested that the population from Changjiang Cotton Area was impossible to overwinter in north China.

Key words: cotton bollworm, cold hardiness, supercooling point overwintering.

棉铃虫(*Helicoverpa armigera* Hübner)在我国北方棉区一般年份发生4代。随着秋季的到来,其生存环境趋于恶劣,第4代幼虫通过对短光照的感受产生滞育蛹,以滞育蛹越冬季^[1,2]。越冬是棉铃虫年生活史中最薄弱的环节,滞育蛹的抗寒能力决定棉铃虫越冬的北界和越冬率,直接影响其下一年度的种群数量。因而,明确棉铃虫的抗寒能力是棉铃虫种群动态预测预报和迁飞研究的重要基础。国内对棉铃虫的抗寒性尚缺乏系统的研究,本文报告了有关的研究结果。

1 材料与方法

1.1 供试棉铃虫

供试棉铃虫分别于1994~1995年采自湖北省武穴市(北纬29°9',东经117°7')、河南省新乡市(北纬35°2',东经113°8')、禹州市(北纬34°1',东经113°5')、陕西省渭南市(北纬34°5',东经113°5')、河北省定兴市(北纬39°4',东经115°7')、山东省高密市(北纬36°4',东经119°7')、德州市(北纬37°5',东经116°3')、北京市(北纬40°,东经115°7')和辽宁省辽阳市(北纬41°3',东经123°3')的棉田。采集5~6龄幼虫在室内利用人工饲料繁育,在24℃、15:9光周期(L:D)条件下获得非滞育蛹,在24℃、12:12光周期下获得滞育蛹,供本试验使用。

1.2 棉铃虫过冷却点的测定方法

将热敏电阻测温探头固定在蛹体上,然后置于低温箱中。按1℃/min降温,蛹体温度的变化被数据采集器采集后输入计算机处理输出^[3]。每处理测定30头。

1.3 棉铃虫在低温下生存能力的测定方法

采用低温恒温箱测定,测定虫态为滞育蛹和非滞育蛹。模拟棉铃虫蛹在田间的自然环境,将蛹放入杯中覆盖6~8cm的干土。测试前将蛹在5℃条件下预处理一段时间(滞育蛹10d,非滞育蛹5d)。测定温度区间为-25℃~5℃,蛹在测定温度下按时间梯度分批取出,每批20~30头,置于20℃条件下,72h后检查死亡率。

1.4 田间越冬试验

供试种群为新乡市、武穴市、北京市、定兴市和高密市滞育蛹。在胸径10cm、高度14cm的瓦盆内建造人工蛹室,蛹室距土表高度5cm,土壤含水量5%,每盆20~25头蛹。于1994年10月5日置于北京西郊试验田,保持盆口地表平行。新乡市、武穴市种群每10d取样1次,取回的蛹在20℃下72h后检查死亡率。北京市、定兴市和高密市种群于1995-04-08检查越冬存活数。

2 结果与分析

2.1 棉铃虫蛹的过冷却点

以高密种群为试验材料,系统测定了滞育蛹在低温下体温的变化过程(图1)。当环境温度降低时,蛹的体温随着下降,当下降到-19.4℃左右时,蛹的体液开始结冰,此时温度为过冷却点(T),结冰的放热使蛹体温突然上升到-8.5℃,此点为体液的正常冰点(N)。据前人研究,此时

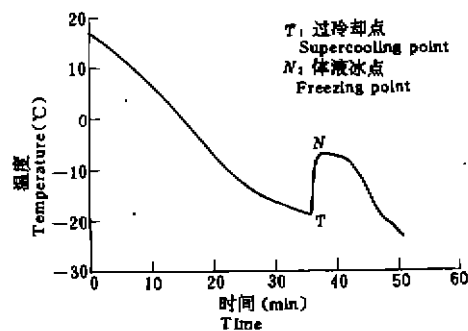


图1 低温下棉铃虫滞育蛹体温下降过程
Fig. 1 Changing curve of body temperature of diapausing pupae in *H. armigera* at low temperature

蛹新陈代谢活动几乎完全停止,处于“冻昏状态”,蛹在此温度下极易死亡^[4]。

表 1 不同地理种群棉铃虫蛹的过冷却点

Table 1 Mean supercooling points of cotton bollworm pupae from different geographical locations

地理位置 Geographical location	蛹类型 Pupal type	过冷却点 Supercooling point	结冰点 Freezing point
定兴市 Dingxing	滞育蛹 Diapause	-19.53±1.04 a	-8.98±2.60 ab
北京市 Beijing	滞育蛹 Diapause	-19.46±0.80 a	-9.55±1.58 a
辽阳市 Liaoyang	滞育蛹 Diapause	-19.44±0.81 a	-9.13±1.37 a
高密市 Gaomi	滞育蛹 Diapause	-19.37±0.53 a	-8.57±1.90 abc
定兴市 Dingxing	非滞育蛹 Non-diapause	-19.20±0.91 ab	-8.41±2.32 abc
新乡市 Xingxiang	滞育蛹 Diapause	-19.13±1.34 abc	-8.77±1.98 abc
武穴市 Wuxue	滞育蛹 Diapause	-19.03±0.86 abcd	-8.66±1.48 abc
北京市 Beijing	非滞育蛹 Non-Diapause	-18.40±1.25 bcd	-7.49±1.48 bcd
高密市 Gaomi	非滞育蛹 Non-Diapause	-18.30±1.30 cd	-7.26±1.68 cd
武穴市 Wuxue	非滞育蛹 Non-Diapause	-18.30±0.98 cd	-6.05±1.51 d
新乡市 Xinxiang	非滞育蛹 Non-diapause	-18.16±1.38 d	-6.36±1.87 d

注: 数字后字母为 Duncan 测验结果, 字母不同表示 5% 显著差别。

不同地理种群棉铃虫蛹的过冷却点汇于表 1。从中看出, 新乡、武穴、高密、北京和定兴种群非滞育蛹的过冷却点分别为 -18.16℃、-18.30℃、-18.30℃、-18.40℃ 和 -19.20℃, 结冰点分布于 -8.41℃ 至 -6.36℃ 范围内, 表明非滞育蛹也具有短时抵抗寒冷的能力。滞育蛹的过冷却点略低于非滞育蛹, 武穴、新乡、高密、辽阳、北京和定兴种群分别为 -19.03℃、-19.13℃、-19.37℃、-19.44℃、-19.46℃ 和 -19.53℃, 过冷却点随种群分布的地理纬度升高呈下降趋势。

2.2 棉铃虫在低温下的生存能力

前人的研究已表明昆虫在低温下生存时间的对数和死亡率机率值呈线性关系, 机率值分析法适用于昆虫抗寒性研究^[5]。运用机率值分析法通过对棉铃虫滞育蛹和非滞育蛹在各个纬度下死亡参数的分析, 获得了棉铃虫几个地理种群在不同温度下的死亡率方程(表 2 和表 3)。

表 2 棉铃虫非滞育蛹在低温下死亡率回归方程

Table 2 Dosage-mortality lines of non-diapausing pupae in *H. armigera* at selected low temperatures

温度 Temperature	地理种群 Geographical population	回归方程 Regression equation	LT ₅₀ (h)	LT ₉₀ (h)
-25℃	武穴市 Wuxue	$Y=4.1905x+6.9247$	0.35	0.70
	辽阳市 Liaoyang	$Y=3.9888x+6.0261$	0.55	1.16
	德州市 Dezhou	$Y=4.0138x+6.2870$	0.48	1.00
-20℃	武穴市 Wuxue	$Y=2.2514x+5.412$	0.66	2.43
	辽阳市 Liaoyang	$Y=10.3734x+3.7582$	1.32	1.75
	德州市 Dezhou	$Y=9.4123x+3.8041$	1.34	1.83
-15℃	北京市 Beijing	$Y=8.3789x-7.4394$	30.52	43.41
	新乡市 Xinxiang	$Y=10.4945x-7.8055$	16.60	22.00
	武穴市 Wuxue	$Y=4.7696x-0.4915$	14.17	26.31
-10℃	禹州市 Yuzhou	$Y=4.7835x-4.4327$	93.74	173.72
	武穴市 Wuxue	$Y=4.5226x-3.7761$	87.20	167.44
5℃	武穴市 Wuxue	$Y=11.7547x-29.9709$	944.16	1213.59
	北京市 Beijing	$Y=13.8218x-35.6798$	877.31	1086.19
	定兴市 Dingxing	$Y=6.3497x-12.8082$	637.62	1014.85
10℃	北京市 Beijing	$Y=9.9031x-24.9069$	1046.99	1410.45

表 3 棉铃虫滞育蛹在低温下死亡率回归方程

Table 3 Dosage-mortality lines of diapausing pupae in *H. armigera* at selected low temperatures

温度 Temperature	地理种群 Geographical population	回归方程 Regression equation	LT_{50} (h)	LT_{95} (h)
-25 C	北京市 Beijing	$Y=6.3277x+3.4152$	1.78	2.84
	武穴市 Wuxue	$Y=8.4397x+4.0990$	1.28	1.81
	辽阳市 Liaoyang	$Y=8.6025x+2.4706$	1.97	2.77
	德州市 Dezhou	$Y=8.8996x+2.2892$	2.02	2.81
-20 C	武穴市 Wuxue	$Y=4.2229x+4.1506$	1.59	4.20
	辽阳市 Liaoyang	$Y=10.7080x+1.3158$	2.21	2.91
	德州市 Dezhou	$Y=8.0940x+2.3500$	2.12	3.06
	新乡市 Xinxiang	$Y=14.0813x-0.6801$	2.53	3.12
-15 C	北京市 Beijing	$Y=8.7297x-12.2457$	94.52	132.53
	武穴市 Wuxue	$Y=5.8959x-4.7993$	45.92	75.76
	辽阳市 Liaoyang	$Y=8.6903x-12.1321$	93.63	131.43
-10 C	定兴市 Dingxing	$Y=5.8232x-12.7465$	1115.68	1851.93
	渭南市 Weinan	$Y=7.1099x-16.3375$	1002.53	1518.29
	高密市 Gaomi	$Y=7.0135x-15.7278$	902.44	1374.52
	新乡市 Xinxiang	$Y=3.1626x-3.9618$	681.85	1733.50
	武穴市 Wuxue	$Y=2.9908x-2.7674$	395.48	1060.82
	新乡市 Xinxiang	$Y=3.7820x-9.8312$	8347.96	18216.00

虽然非滞育蛹和滞育蛹的过冷却点差异不大,但二者在低温下的生存能力则有较大的差别:如湖北武穴种群非滞育蛹在-25 C、-20 C、-15 C、-10 C下的致死时间(LT_{50})分别为0.35 h、0.66 h、14.17 h和87.20 h;而滞育蛹则分别为1.28 h、1.59 h、45.92 h和395.48 h。在5 C条件下武穴、北京和定兴种群非滞育蛹的 LT_{50} 分别为944.16 h、877.31 h和637.62 h,而新乡滞育蛹在同样温度下 LT_{50} 达到8347.96 h,约合348 d,二者相差10余倍。这个结果也表明棉铃虫非滞育蛹在我国各主要棉区皆难以越冬,滞育蛹是棉铃虫越冬的唯一形式。

从几个地理种群的比较可以看出,采自长江流域的武穴种群在-10 C以下的低温条件中的生存能力显著低于北方种群。如北京种群在-15 C下的 LT_{50} 为94.52 h,而武穴种群仅为45.92 h。以华北地区几个种群 LT_{50} 的平均值代表华北种群在相应低温下的生存能力,和武穴种群相比较,二者有十分明显的差别(见图2)。表明生存环境的选择作用已导致华北棉铃虫种群和长江流域种群在抗寒能力上的分化。而采自辽宁省辽阳市的东北种群和华北种群抗寒能力差别不大。

2.3 越冬试验结果

将湖北武穴种群和河南新乡种群在北京西郊的越冬调查结果绘于图3,从中看出1994-12-10以前2个地理种群滞育蛹的死亡率较低,12月10~30日北京西郊有一个大雪降温过程,导致死亡率急剧上升,武穴种群达到80%,新乡种群为60%,到1995-01-20武穴种群全部死亡,新乡种群有25%左右的个体存活。2月10日调查表明新乡种群全部死亡,但此部分个体已接近于成功越冬。4月8日对北京种群、高密种群和定兴种群的越冬率进行了调查,其越冬率分别为25%、16.67%和4.43%。

结合过冷却点和低温存活能力的研究结果,可以认为我国棉铃虫北方种群与长江流域种群应有各自的越冬北界,长江流域种群在华北地区难以越冬。几个华北种群在北京市25%以下的越冬率则表明北京西郊已接近于棉铃虫的越冬北界。

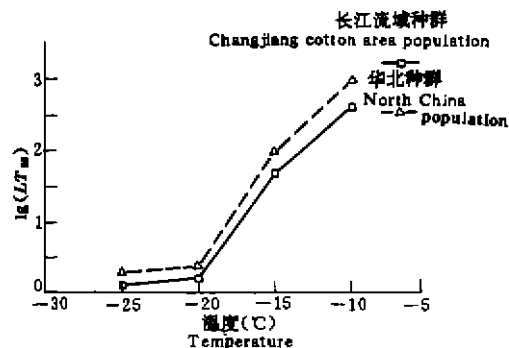


图2 长江流域棉铃虫种群和华北种群在低温下存活能力比较

Fig. 2 Comparison of survival ability of cotton bollworm at low temperature between the populations from Changjiang Cotton Area and North China Cotton Area

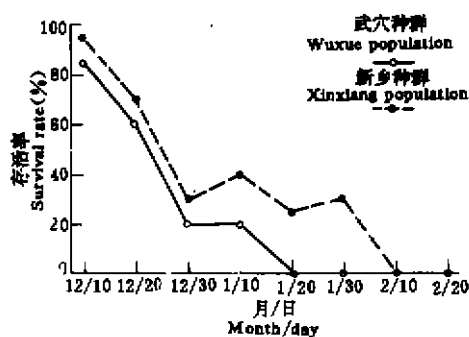


图3 武穴种群和新乡种群越冬存活率曲线(1995年,北京)

Fig. 3 Survival rate curves of diapausing pupae of Wuxue and Xinxiang populations in Winter (1995, Beijing)

3 讨论

有关我国棉铃虫的越冬线,前人尚未进行研究。根据本试验的研究结果,华北和东北种群滞育蛹在 -25°C 、 -20°C 、 -15°C 下90%个体死亡时间分别为2.81 h、3.03 h和131.98 h。参照我国的气候区划^[6],一月份平均最低温度 -15°C 等温线较为接近这个阈值。因此,建议此等温线可作为棉铃虫在我国的越冬北界。此线从东至西的走向为:大连北部至秦皇岛、承德、张家口、大同、太原、武威、张掖至酒泉一线。根据该越冬线,我国北部特早熟棉区的棉铃虫将由华北地区迁入。

参 考 文 献

- 1 吴孔明,郭子元. 棉铃虫滞育的诱导因素. 植物保护学报, 1995, 22(4): 131~136
- 2 吴孔明,郭子元. 棉铃虫迁飞与滞育的研究: 棉铃虫滞育的解除与羽化式样. 中国农业科学, 1996, 29(1): 19~20
- 3 朱 红等. 冰核细菌对棉铃虫结冰温度影响的研究. 中国农业科学, 1994, 27(6): 23~27
- 4 Ditman L P *et al.* Undercooling and freezing of insects. *J. Econ. Entomol.* 1943, 36(2): 304~311
- 5 Eger J E *et al.* Survival of pupae of *Heliothis virescens* and *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae) at low temperatures. *Can. Ent.* 1982, 114(4): 289~301
- 6 中央气象局气候资料研究室. 中国气候图. 北京: 地图出版社, 1959. 13~14