

温湿度对中华通草蛉越冬成虫存活的影响

许永玉¹,牟吉元¹,胡 萃²,王洪刚¹

(1. 山东农业大学昆虫系,泰安 271018;2. 浙江大学植保系,杭州 310029)

摘要:室内研究了不同温湿度对中华通草蛉(*Chrysoperla sinica*)越冬成虫存活的影响。试验采用因子二次正交旋转组合设计的要求安排,研究了越冬成虫在不同的温度组合条件下储存不同时间后的存活率,并得到了在不同时间后,成虫存活率与温湿度间的二次回归模型。结果表明,在试验条件下,越冬成虫存活的最佳条件组合是温度为 5℃和相对湿度为 75%,此条件下储存 90d 的越冬成虫存活率达 85%以上;温度对成虫存活率的影响最大,湿度次之,温湿度的交互作用最不重要。利用温湿度与存活率之间的回归方程,分析并得出了适宜于越冬中华通草蛉成虫存活的条件为温度 5~9℃,相对湿度 70%~85%,温度和湿度过高或过低均不利于成虫的存活。

关键词:中华通草蛉;温度;相对湿度;存活率;越冬成虫

Effects of temperature and relative humidity on survival of the overwintering green lacewing, *Chrysoperla sinica* (Tjeder) (Neuroptera: Chrysopidae)

XU Yong-Yu¹, MU Ji-Yuan¹, HU Cui², WANG Hong-Gang¹ (1. Department of Entomology, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China; 2. Department of Plant Protection, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China) *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(11): 2569~2572.

Abstract: The green lacewing, *Chrysoperla sinica* (Tjeder), a common species in China, is known as an important natural enemy attacking aphids, mites and many lepidopteron pests. Under natural conditions, it overwinters as adults in facultative diapause. Previous field surveys conducted in Shandong showed that adult population of *C. sinica* was high in the early winter, and low in the coming spring, indicating that high mortality occurred during the winter. To determine if the winter's low temperature and relative humidity (RH) influence the population reduction of *C. sinica* adults, we conducted a series of laboratory experiments with different combinations of temperature and RH and lengths of exposure time (30, 60, 90, 120 and 150d) under each temperature-RH combination. Results showed that the survival rate of *C. sinica* adults decreased as lengths of exposure time increased under a given combination of temperature and RH. More than 85% of adult *C. sinica* survived under a combination of 5℃ and 75% RH and an exposure time of 90d. We established six regression equations for expressing correlation between the *C. sinica* adult's survival rates and the combinations of temperature and RH. The results calculated from these equations showed that >50% of *C. sinica* adults could successfully overwinter under the conditions of 5~9℃ and 70%~85% RH. The temperature below 1℃ was lethal to overwintering adults. After analyzing the relationships between the survival rates and the combinations of temperatures and RHs, we conclude that the survival rates are affected by both the temperature and the RH, and the former is more important than the latter.

Key words: *Chrysoperla sinica*; temperature; relative humidity; survival rate; overwintering adults

文章编号:1000-0933(2004)11-2569-04 中图分类号:Q965 文献标识码:A

基金项目:山东省利用世界银行贷款科研资助项目;山东农业大学博士后资助项目和博士基金资助项目

收稿日期:2004-04-06;修订日期:2004-07-20

作者简介:许永玉(1967~),男,山东乳山人,博士,副教授,主要从事昆虫生理生态,害虫综合治理研究。E-mail: xuyy@sdau.edu.cn

致谢:本文得到美国得克萨斯农工大学(Texas A & M University)昆虫系教授刘同先博士的帮助,在此深表谢意

Foundation item: Loan of World Bank for Research Project in Shandong Province, Post-doctoral Research Fellowship and Doctor's Foundation in Shandong Agricultural University

Received date: 2004-04-06; **Accepted date:** 2004-07-20

Biography: XU Yong-Yu, Ph.D., Associate Professor, mainly engaged in insect eco-physiology and integrated pest management (IPM). E-mail: xuyy@sdau.edu.cn

中华通草蛉*Chrysoperla sinica* (Tjeder) 是广泛分布于我国的一种重要捕食性天敌,其捕食能力强,在自然界对粮食和经济作物上的多种蚜虫、螨类和鳞翅目害虫起着重要的控制作用。中华通草蛉在自然界以成虫进行兼性滞育越冬,国内研究者对其在不同地区田间的发生消长进行了调查和研究发现,尽管其越冬种群数量较大,但第2年春季的种群数量却较小,从而限制了该虫对春季作物上的蚜、螨等害虫的控制作用^[1]。周伟儒等^[2]在麦田接种释放中华通草蛉的研究表明,适期释放草蛉幼虫可获得较高的结茧率和成虫获得率,并对小麦和玉米上草蛉的成活和增值有利。探明影响该虫滞育越冬成虫存活的关键因素,对保护自然种群和人工繁殖与储存实验种群将具有重要的现实意义。

周伟儒等^[3]和王韧等^[4]研究认为中华通草蛉成虫越冬期间的死亡率与成虫越冬前和越冬过程中的营养有密切的关系;王韧等^[4]还对死亡率与储存场所的温度、储存时间、储存密度和储存时成虫体色的关系进行了初步研究。在我国北方地区,冬季不利的温度和湿度往往是影响越冬昆虫存活率的重要因素,至今有关温湿度对中华通草蛉越冬成虫存活的影响尚未见报道。本文主要在实验室内研究了不同温湿度对越冬成虫存活率的影响。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

于2000年10月中旬,中华通草蛉越冬成虫采自山东泰安市实习农场周围的苗圃田。将成虫放在室外人工棚下养虫笼内,饲以啤酒酵母干粉饲料和蜜蜂水。

1.2 方法

在2000年11月底将成虫按照因子二次正交旋转组合设计,在不同温湿度条件下处理不同时间,试验对成虫存活率的影响,温湿度组合设计如表1。将装有草蛉成虫的指形管[7~8cm(长度)×2cm(口径)],每管放6头(雌雄各3头)成虫,用纱布封口]置于不同温湿度组合下,每一处理40管,均在处理后30d、60d、90d、120d和150d进行取样,每次抽取30~36头成虫。将取出的草蛉成虫置于22℃和相对湿度为70%~80%的条件下60min,检查成虫的存活数(能够爬动的成虫,视为存活个体)。温度用培养箱和冷藏冰箱控制,波动幅度为±1℃,湿度用KOH水溶液控制,波动幅度为±5%。

1 结果与分析

2.1 中华通草蛉越冬成虫在不同温湿度处理不同时间后的存活率

将供试滞育越冬成虫按表1的温湿度试验方法处理后,在不同观察时间的平均存活率见表2。从表2中可以看出,在不同温湿度条件下,越冬中华通草蛉存活率均随着处理时间的延长而下降,其中在温湿度组合为 $T=5\text{℃}$ 和 $RH=75\%$ 时,成虫的存活率较高,当处理时间在90d以内时,存活率降低幅度较小。

表1 温湿度二次正交旋转组合试验设计方案及各因子编码

Table 1 Experimental design and factor code of quadratic orthogonal rational combination for temperature and humidity									
编号 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9~16
温度(℃)* Temperature	1 (8.0)	1 (8.0)	-1 (2.0)	-1 (2.0)	-1.414 (0.76)	1.414 (9.24)	0 (5.0)	0 (5.0)	0 (5.0)
湿度* Humidity	1 (85)	-1 (65)	1 (85)	-1 (65)	0 (75)	0 (75)	-1.414 (61)	1.414 (89)	0 (75)

* 括号内数字为温度(℃)或相对湿度(%)The number in the bracket is the value of temperature (℃)or relative humidity(%)

2.2 中华通草蛉越冬成虫存活率的回归方程

将表2中的数据,按二因子二次正交旋转组合设计的试验结果分析方法,求得成虫存活率与处理温度和相对湿度的编码值间的回归关系方程,表3列出了各回归方程的回归系数。从表3中可以看出,影响5个不同时间后越冬成虫存活率的因素中,温度最为重要,相对湿度次之,温度和相对湿度交互作用最不重要。

对各回归方程进行检验表明,所有方程的失拟项不显著,回归项极显著,回归式与试验数据基本符合;进一步对各项的回归系数作显著性检验($P=0.1$)将不显著的项剔除,并将温度和湿度的编码公式代入并整理后,得出以5个处理时间的温度(T)和相对湿度(RH)为自变量,不同处理时间的成虫存活率(SR)为因变量的回归方程:

$$SR(30) = -39.79 + 32.01T + 0.43RH - 2.23T^2$$

$$SR(60) = -681.1 + 54.77T + 15.49RH - 0.225T \cdot RH - 2.62T^2 - 0.09RH^2$$

$$SR(90) = -868.7 + 40.67T + 21.21RH - 3T^2 - 0.135RH^2$$

$$SR(120) = -883.9 + 35.95T + 23.74RH - 2.632T^2 - 0.152RH^2$$

$$\text{万方数据 } SR(150) = -1385.44 + 33.78T + 35.08RH - 2.688T^2 - 0.227RH^2$$

2.3 温度对中华通草蛉越冬成虫存活率的影响

将湿度固定在 $RH=75\%$,用上述方程求得不同温度下中华通草蛉成虫的存活率如表4。表4表明,在 $5\sim 9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下处理不同时间后,成虫的存活率较高,可达 $50\%\sim 70\%$,高于 $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度对长期贮存后的成虫存活率有不利影响。

2.4 湿度对中华通草蛉越冬成虫存活率的影响

将温度固定在 $T=5\text{ }^{\circ}\text{C}$,用上述回归方程计算不同相对湿度处理成虫的存活率如表5。表5表明,相对湿度在 $70\%\sim 85\%$ 之间时处理不同时间后,成虫的存活率较高,达 $60\%\sim 70\%$ 。高于 85% 和低于 70% 的相对湿度对长期贮存,特别贮存时间超过120d以上时,成虫的存活有不利的影响。

3 讨论

在北极和温带地区,昆虫的冬眠时间往往超过6个月。在漫长的越冬过程中,越冬昆虫必须承受来自两方面的胁迫:食物的短缺和低温及干燥的环境^[5]。针对食物短缺的胁迫,长期的进化使昆虫在低温到来之前积累能量,并通过内分泌的调节降低机体的代谢活动和能量消耗来维持昆虫体的生存,即昆虫通过滞育的形式表现出来^[6]。中华通草蛉在自然界是以成虫兼性滞育的方式越冬,在成虫滞育前,该虫能够成功地调整生殖营养消耗与越冬能量储存之间的平衡,以保证来年种群的生存机会,这在对自然种群的越冬调查中得以证实^[7]。但是,昆虫如何适应漫长冬季的低温和干燥,是陆栖昆虫能否成功越冬的关键^[8]。本文的研究表明,中华通草蛉的越冬成虫在不同的温湿度组合条件下处理不同时间后,其存活率差异较大。在温湿度组合为 $T=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $RH=75\%$ 时,成虫的存活率较高,在处理时间90d以内时,成虫的存活率皆保持在 85% 以上。通过理论计算表明,处理温度在 $5\sim 9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度在 $70\%\sim 85\%$ 时,对成虫的存活有利,在此条件贮存5个月,成虫仍可保持 50% 以上的存活率;然而在温度低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或相对湿度小于 70% 时,越冬成虫的存活率都很低。根据泰安市气象局的气象资料表明泰安地区每年的11月份至翌年的2月份,各旬的平均气温和相对湿度分别低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 65% ,这无疑对中华通草越冬的生存不利,这是否是造成该虫在自然界越冬存活率较低的重要因素有待进一步研究。

表4 不同温度下处理不同时间后中华通草蛉越冬成虫存活率的理论值($RH=75\%$)

Table 4 The calculated survival rate of *C. sinica* adult at different temperature and 75 %RH after different exposure time

温度 Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	不同处理时间成虫存活率的理论值(%) Calculated survival rate after different exposure time				
	30d	60d	90d	120d	150d
11	75.4	74.2	47.0	35.3	9.52
9	100	100	85.7	69.0	50.5
7	100	100	100	81.1	70.0
5	96.8	98.4	91.0	72.3	67.9
3	68.4	64.5	57.7	42.7	44.3
1	22.2	9.7	0.4	0	0

表2 不同温湿度处理不同时间后的中华通草蛉越冬成虫存活率
Table 2 The survival rate of *C. sinica* adult after different exposure time at different combination of temperature and relative humidity

编号 No.	温度 Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	相对湿度 Relative humidity (%)	不同处理时间的成虫存活率(%) Survival rate after different exposure time				
			30d	60d	90d	120d	150d
1	8	85	100	92	80	76	64
2	8	65	100	96	82	64	45
3	2	85	48	36	22	8	0
4	2	65	32	13	0	0	0
5	9.24	75	100	100	82	70	40
6	0.76	75	20	0	0	0	0
7	5	89	100	94	88	72	46
8	5	61	87	64	48	32	0
9	5	75	100	95	90	85	70
10	5	75	100	100	87	81	76
11	5	75	96	84	88	72	64
12	5	75	100	100	95	85	80
13	5	75	92	100	85	75	75
14	5	75	86	90	95	80	65
15	5	75	100	92	86	85	80
16	5	75	100	95	100	70	60

表3 温湿度对中华通草蛉越冬成虫存活率影响的回归方程的回归系数

Table 3 Regression coefficients of regression equations for the relations between survival rate and relative humidity

回归方程 Equation No.	温度 一次项 T	湿度 一次项 RH	温湿度 交互项 $T\times RH$	温度 二次项 T^2	湿度 二次项 RH^2
SR(30)*	29.14	4.30	-4.00	-20.06	-3.31
SR(60)	35.05	7.68	-6.75	-23.56	-9.06
SR(90)	32.00	9.57	-6.00	-27.00	-13.50
SR(120)	28.87	9.57	-1.00	-23.69	-15.19
SR(150)	20.70	10.51	4.75	-24.19	-22.69

* SR(30~150) 不同温湿度下处理30~150d的中华通草蛉滞育越冬成虫的存活率Survival rate (%); T 温度Temperature; RH 相对湿度Relative humidity

表5 不同湿度下处理不同时间后中华通草蛉越冬成虫存活率的理论值($T=5\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Table 5 The calculated survival rate of *C. sinica* adult at different relative humidity and 5 $^{\circ}\text{C}$ after different exposure time

相对湿度(%) Relative humidity	不同处理时间成虫存活率的理论值(%) Calculated survival rate after different exposure time				
	30d	60d	90d	120d	150d
90	100	91.1	75.1	58.0	34.8
85	100	98.0	87.1	72.5	58.0
80	98.9	100	92.5	80.1	69.9
75	96.8	98.4	91.0	79.5	70.4
70	94.6	91.8	82.9	70.0	59.6
65	92.5	80.7	67.9	64.0	37.4
60	90.3	65.2	46.3	30.0	3.9

通常情况下,昆虫的耐寒策略有两类:不耐结冰型和耐受结冰型^[9]。不耐结冰型的昆虫主要通过机体的充分脱水使昆虫具有了过冷却的能力,从而使昆虫体液避免结冰;而耐受结冰型的昆虫能够忍耐体液的结冰,并不需要机体的脱水,若从水分平衡的角度考虑,后者比前者对昆虫更有利^[8]。中华通草蛉在越冬过程中采取了那种耐寒策略,以及在干燥的越冬环境条件下如何调节其体内的水分平衡尚需进一步研究。

References:

[1] Xu Y Y, Mu J Y, and Hu C. Research and utilization of *Chrysoperla sinica*. *Entomological Knowledge*, 1999, **36** (5):313~315.

[2] Zhou W R, Wang R and Qiu S B. Field studies on the survival of *Chrysoperla sinica* (Neu. : Chrysopidae) mass reared and inoculatively released in wheat fields in northern China. *Chinese Journal of Biological Control*, 1991, **7** (3):97~100.

[3] Zhou W R and Chen H Y. Effect of prediapause feeding on the winter mortality of *Chrysoperla sinica*. *Chinese Journal of Biological Control*, 1985, **1**(2):11~14.

[4] Wang R, Zhou W R and Qiu S B. Augmentation of *Chrysoperla sinica*: storing overwintering adults for early spring release. *Chinese Journal of Biological Control*, 1987, **3**(2): 55~60.

[5] Pullin A S and Bale J S. Influence of diapause and temperature on cryoprotectant synthesis and cold hardiness in pupae of *Pieris brassicae*. *Comp. Biochem. Physiol. (A)*, 1989, **94**:499~503.

[6] Pullin A S. Physiological relationship between insect diapause and cold tolerance: coevolution or coincidence. *Eur. J. Entomol.* , 1996, **93**: 121~129.

[7] Xu Y Y, Hu C, Mu J Y, *et al.* Relationship between adult diapause development and overwintering coloration changes in *Chrysoperla sinica* (Neu. : Chrysopidae). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(8): 1275~1280.

[8] Zachariassen K E. The water relations of overwintering insects. In: Lee R E and Denlinger D L eds. *Insect at Low Temperature*. Chapman and Hall, New York, 1991. 47~63.

[9] Bale J S. Insect cold hardiness: a matter of life and death. *Eur. J. Entomol.* , 1996, **93**: 369~382.

参考文献:

[1] 许永玉,牟吉元,胡萃. 中华通草蛉的研究与应用. 昆虫知识,1999, **36**(5):313~315.

[2] 周伟儒,王韧,邱式邦. 麦田接种释放中华通草蛉成活率的研究. 生物防治通报,1991, **7**(3):97~100.

[3] 周伟儒,陈红印. 中华草蛉成虫越冬前取食对越冬死亡率的影响. 生物防治通报,1985, **1**(2):11~14.

[4] 王韧,周伟儒,邱式邦. 中华草蛉人工储存越冬及打破休眠的研究. 生物防治通报,1987, **3**(2):55~60.

[7] 许永玉,胡萃,等. 中华通草蛉成虫越冬体色变化与滞育的关系. 生态学报, 2002, **22**(8): 1275~1280.