

温度对悬铃木方翅网蝽生长发育、 存活和繁殖的影响

纪 锐 辛肇军 娄永根*

(浙江大学昆虫科学研究所, 杭州 310029)

摘要: 在室内研究不同温度下悬铃木方翅网蝽各虫态的发育历期、存活率及雌成虫的产卵量, 组建不同温度下的实验种群生命表。结果显示, 在 15 ~ 33 °C 范围内, 随温度升高悬铃木方翅网蝽的发育速率加快, 并符合 Logistic 模型。悬铃木方翅网蝽卵、1 龄、2 龄、3 龄、4 龄、5 龄若虫、产卵前期和全世代的发育起点温度分别为 10.42、9.49、7.89、10.12、8.82、7.80、9.69 和 10.42 °C, 有效积温分别为 153.9、38.8、41.4、31.8、42.0、69.5、101.9 和 479.3 日·度。悬铃木方翅网蝽世代存活率和单雌产卵量在测定温度范围内均表现为先升高后降低的抛物线关系, 在 25 °C 时最高, 分别为 57.81% 和 87.71 粒/雌。成虫寿命和雌成虫产卵期均随温度的升高而缩短。25 °C 时, 种群内禀增长率和种群趋势指数最大, 分别为 0.0388 和 22.46。25 ~ 30 °C 是该虫生长发育的最适温区。

关键词: 悬铃木方翅网蝽; 温度; 生命表; 有效积温; 种群参数

Effects of temperature on growth, development, survival and reproduction of *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae)

Ji Rui Xin Zhaojun Lou Yonggen*

(Institute of Insect Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, Zhejiang Province, China)

Abstract: The developmental duration, survival and fecundity of *Corythucha ciliata* at different temperatures were recorded, and life tables at different temperatures were constructed. The results showed that the developmental rate of *C. ciliata* increased with the temperature during 15 – 33 °C, and the relationships between them could be simulated by the Logistic model. The threshold temperatures and effective accumulated temperatures of the egg, 1st instar nymph, 2nd instar nymph, 3rd instar nymph, 4th instar nymph, 5th instar nymph, preoviposition and the whole generation of *C. ciliata* were 10.42 and 153.9, 9.49 and 38.8, 7.89 and 41.4, 10.12 and 31.8, 8.82 and 42.0, 7.80 and 69.5, 9.69 and 101.9, and 10.42 °C and 479.3 degree-days, respectively. The generation survival rates and number of eggs laid per female changed with the temperature, and they reached the highest at 25 °C, with the values being 57.81% and 88.71, respectively. The adult longevity and the oviposition period of female adults were shortened with the increase of temperature. The innate capacity for increase and population trend index were the highest at 25 °C, with the values being 0.0388 and 22.46, respectively. The most suitable temperature range for *C. ciliata* living was 25 – 30 °C.

Key words: *Corythucha ciliata*; temperature; life table; effective accumulated temperature; population parameter

基金项目: 浙江省科技厅资助项目(2008C22010)

作者简介: 纪锐, 男, 1985 年生, 博士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, email: jary521521@126.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), email: yglou@zju.edu.cn, Tel: 0571 – 86971622

收稿日期: 2010 – 07 – 05

悬铃木方翅网蝽 *Corythucha ciliata* (Say) 属半翅目、网蝽科,原产于北美,是美国西部和加拿大西部地区常见的害虫^[1],危害悬铃木属 *Platanus* spp. 树种,并传播多种病毒病^[2],造成树木提前落叶、生长中断、树势衰弱乃至死亡^[1,3],严重影响园林绿化景观。

1964 年,悬铃木方翅网蝽首次入侵意大利的帕多瓦,此后在欧洲迅速蔓延^[4-5]。目前,该虫已在美国、加拿大、意大利、法国、西班牙、匈牙利、德国、克罗地亚、奥地利、斯洛文尼亚、瑞士、保加利亚、希腊、俄罗斯、以色列、韩国、中国和日本等国家发生危害。我国于 2006 年在湖北武汉首次发现^[6],现已在上海、杭州、南京、重庆、宜昌、十堰、襄樊、荆门、荆州、贵阳、郑州、济南、泰安等地发现,并在长江流域形成暴发态势^[7]。2007 年 3 月 28 日国家林业局防止外来林业有害生物入侵管理办公室已发文将悬铃木方翅网蝽列入“林业危害性有害生物名单”。

关于悬铃木方翅网蝽的鉴定方法^[6]、生物学特性^[1,7-10]、过冷点^[11]、寄主范围^[12]、生活史^[8,13]、风险分析^[14]和药剂筛选^[15]等已有一些研究,但系统的种群生态学研究尚未见报道。温度是决定悬铃木方翅网蝽生长发育的关键因子,为此,本试验研究了温度对该虫生长发育、存活和繁殖的影响,并组建了悬铃木方翅网蝽实验种群生命表,以期为该虫的预测测报和种群控制等提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

寄主植物二球悬铃木 *Platanus acerifolia* 叶片采自浙江省杭州市杭氧集团厂区。

悬铃木方翅网蝽成虫采自浙江省杭州市杭氧集团厂区,雌雄配对放入直径 15 cm 培养皿中,同时放入悬铃木叶片,供其产卵。

1.2 温度对生长发育、存活和繁殖的影响

挑选含有悬铃木方翅网蝽 12 h 内初产卵块(大小适中且发育良好)的新鲜悬铃木叶片放于底部垫有保湿滤纸的直径 15 cm 培养皿中,培养皿内放入脱脂棉球保湿,用保鲜膜封口,并在保鲜膜上扎上小孔,适时为棉球加水保持湿度,用宁波江南仪器制造厂生产的 RXZ 型智能人工气候箱控制温度,培养箱置于相对湿度为 70% 的人工气候室内,设置 15、20、25、30 和 33 ℃ 5 个温度处理,误差 ± 0.5 ℃,光周期均为 L12:D12。其中 15 ℃ 和 33 ℃ 下分别放入卵

940 粒和 600 粒,其余温度下放入 300 粒,每 24 h 观察卵的孵化情况,待有卵孵化,则立即将所有初孵若虫移出并转入直径 9 cm 的小培养皿中单头饲养,直到连续 3 天没有卵孵化为止,记录卵孵化的时间与数量。15、20、25、30 和 33 ℃ 下分别饲养的初孵若虫数为 669、240、292、247 和 456 头,每 24 h 观察所有移出若虫的发育状况,记录若虫的蜕皮次数和死亡数量,并及时更换新鲜叶片。至若虫羽化后,记录成虫的性别,并取同一温度下新羽化的成虫雌雄配对,放入高 10.5 cm、直径 7 cm 的通气性良好的塑料瓶中,同时放入新鲜的悬铃木叶片供其产卵,及时更换叶片。每 24 h 记录成虫的存活情况并在解剖镜下计数产卵量,直至成虫全部死亡。

孵化率(%) = (孵化的卵粒数/总卵粒数) $\times$ 100。存活率(%) = (进入下一发育阶段的虫量/进入该发育阶段的虫量) $\times$ 100。

计算各虫态在各温度下的发育历期、存活率,成虫的产卵前期、产卵期、寿命、总产卵量和性比。同时,利用 DPS 预置的一元非线性回归模型 $y = k/(x - t)$ 计算悬铃木方翅网蝽各虫态的发育起点温度和有效积温^[16],并用 Marquardt 法^[17]拟合悬铃木方翅网蝽各虫态发育速率(V)与温度(T)之间的关系。

1.3 悬铃木方翅网蝽实验种群生命表的组建与分析

根据温度对悬铃木方翅网蝽生长发育、存活和繁殖的影响,组建不同温度下悬铃木方翅网蝽实验种群生命表,再由生命表资料计算种群的重要生物学参数——种群趋势指数(I)、内禀增长率(r_m)、世代平均周期(T)、世代净生殖率(R_0)、周限增长率(λ)和种群加倍时间(t)^[18-21]。

1.4 统计分析

用 DPS 9.50 对相关数据进行方差分析、多重比较和方程拟合。

2 结果与分析

2.1 温度对悬铃木方翅网蝽发育历期的影响

温度对悬铃木方翅网蝽各虫态的发育历期有显著影响,15~33 ℃ 之间,同一虫态的发育历期随温度的升高而缩短。15、20、25、30、33 ℃ 时的悬铃木方翅网蝽世代历期分别为 88.35、47.31、30.25、23.37、18.96 天(表 1)。根据表 1 的数据,采用 Logistic 曲线拟合,得出悬铃木方翅网蝽发育速率与温度的关系模型(表 2)。从表 2 可以看出,所有方程的相关系数均达显著或极显著水平, χ^2 值亦都远低

表 1 不同温度下悬铃木方翅网蝽的发育历期

Table 1 Developmental duration of *Corythucha ciliata* at different temperatures

d

发育阶段 Developmental stage	温度 Temperature (℃)				
	15	20	25	30	33
卵 Egg	33.64 ± 0.15 a	16.03 ± 0.15 b	9.79 ± 0.08 c	8.89 ± 0.17 d	6.76 ± 0.12 e
1 龄 1st instar	6.98 ± 0.12 a	4.01 ± 0.08 b	2.48 ± 0.05 c	1.70 ± 0.06 d	1.45 ± 0.09 e
2 龄 2nd instar	5.86 ± 0.14 a	3.16 ± 0.13 b	2.68 ± 0.08 c	1.81 ± 0.09 d	1.70 ± 0.07 d
3 龄 3rd instar	6.50 ± 0.29 a	3.38 ± 0.11 b	1.90 ± 0.07 c	1.59 ± 0.09 cd	1.48 ± 0.07 d
4 龄 4th instar	6.78 ± 0.32 a	3.91 ± 0.15 b	2.49 ± 0.08 c	1.89 ± 0.09 d	1.78 ± 0.07 d
5 龄 5th instar	9.60 ± 0.40 a	5.96 ± 0.20 b	3.91 ± 0.08 c	2.95 ± 0.12 d	2.78 ± 0.12 d
产卵前期 Preoviposition	19.00 ± 1.68 a	10.86 ± 0.40 b	7.00 ± 0.45 c	4.54 ± 0.29 d	3.01 ± 0.86 e
世代历期 Generation time	88.35	47.31	30.25	23.37	18.96

注:表中数据为平均值 ± 标准误,同行数据后相同字母表示经 Duncan 氏多重比较差异不显著($P > 0.05$)。Note: The data (mean ± SE) in the same row followed by the same letters are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P > 0.05$).

表 2 悬铃木方翅网蝽发育速率与温度的关系模型

Table 2 Relationships between developmental rate (V) of *Corythucha ciliata* and temperature (T)

发育阶段 Developmental stage	预测模型 Logistic model	复相关系数 Coefficient of multiple correlation	χ^2
卵 Egg	$V = 44.84 / [1 + \exp(1.1421 - 14.86T)]$	$R = 0.9863 (P \leq 0.05)$	0.2121
1 龄 1st instar	$V = 33.45 / [1 + \exp(1.04 - 5.71T)]$	$R = 0.9755 (P \leq 0.05)$	0.3418
2 龄 2nd instar	$V = 43.18 / [1 + \exp(1.36 - 4.16T)]$	$R = 0.9888 (P \leq 0.05)$	0.1906
3 龄 3rd instar	$V = 26168.83 / [1 + \exp(7.6556 - 1.42T)]$	$R = 0.9923 (P \leq 0.05)$	0.1453
4 龄 4th instar	$V = 65.70 / [1 + \exp(1.59 - 2.77T)]$	$R = 0.9951 (P \leq 0.01)$	0.0844
5 龄 5th instar	$V = 54.72 / [1 + \exp(1.46 - 5.07T)]$	$R = 0.9952 (P \leq 0.01)$	0.0823
产卵前期 Preoviposition	$V = 33.71 / [1 + \exp(0.94 - 13.96T)]$	$R = 0.9997 (P \leq 0.01)$	0.0055
全世代 Generation	$V = 1523068.65 / [1 + \exp(8.33 + 0.10T)]$	$R = 0.9891 (P \leq 0.05)$	0.0328

于 $\chi^2(0.05, 3)(7.81)$, 表明各虫态的发育速率与温度的关系均可以用 Logistic 模型拟合。

2.2 悬铃木方翅网蝽各虫态发育起点温度与有效积温

根据表 1 数据计算出悬铃木方翅网蝽卵、1 龄、2 龄、3 龄、4 龄、5 龄若虫和产卵前期的发育起点温度分别为 10.42 ± 0.29 、 9.49 ± 0.54 、 7.89 ± 0.76 、 10.12 ± 0.37 、 8.82 ± 0.32 、 7.80 ± 3.34 和 9.69 ± 0.79 °C, 有效积温分别为 153.9 ± 8.6 、 38.8 ± 3.2 、 41.4 ± 3.7 、 31.8 ± 2.1 、 42.0 ± 1.8 、 69.5 ± 0.4 和 101.9 ± 12.9 日·度, 则全世代的发育起点温度和有效积温分别为 10.42 °C 和 479.3 日·度。

2.3 温度对悬铃木方翅网蝽存活的影响

温度对悬铃木方翅网蝽存活率的影响因发育状态不同而异, 不同温度下悬铃木方翅网蝽 1 龄若虫的存活率较低。15、20 和 33 °C 下世代存活率偏低, 分别为 3.01%、15.89% 和 12.94%; 25 °C 和 30 °C 下世代存活率较高, 分别为 57.81% 和 26.57%。在测

定温度 (T) 范围内, 卵孵化率、若虫存活率和世代存活率均表现为先升高后降低的抛物线关系, 在 25 °C 达到最高, 分别为 97.22%、59.46% 和 57.81% (图 1)。世代存活率 (Y) 与温度 (T) 的拟合方程为: $Y = 2.0007 - 0.3756T + 0.0217T^2 - 0.0004T^3$ ($R = 0.8882$), 令其导数为 0, 求出世代最适存活温度为 26.78 °C。

2.4 温度对悬铃木方翅网蝽繁殖力的影响

温度对悬铃木方翅网蝽的产卵期、产卵量和成虫寿命有显著影响 (表 3)。悬铃木方翅网蝽雌成虫的产卵期随温度升高而逐步缩短, 其中在 15 °C 下产卵期最长, 为 40.80 天; 33 °C 下最短, 为 8.17 天。成虫的平均寿命亦有相同趋势, 15 °C 下成虫寿命最长, 为 98.00 天; 33 °C 下最短, 为 14.27 天。单雌平均产卵量 (Y) 与温度 (T) 之间的关系呈抛物线趋势, $Y = -314.30 + 32.81T - 0.68T^2$ ($R = 0.9593$), 令其导数为 0, 求出单雌平均产卵量最大时的温度为 24.10 °C。

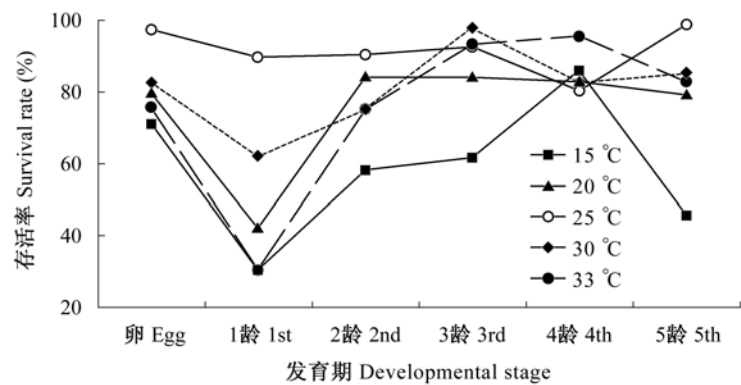


图 1 悬铃木方翅网蝽在不同温度下的存活率

Fig. 1 Survival rates of *Corythucha ciliata* at different temperatures

表 3 不同温度下悬铃木方翅网蝽成虫的寿命和繁殖力

Table 3 Adult longevity and fecundity of *Corythucha ciliata* at different temperatures

温度(℃)	产卵天数(d)	单雌平均产卵量(粒)	成虫寿命(d)
Temperature	Oviposition period	Number of eggs laid/♀	Adult longevity
15	40.80 ± 2.06 a	29.00 ± 3.30 c	98.00 ± 8.28 a
20	23.83 ± 4.33 b	58.50 ± 8.29 b	44.00 ± 3.59 b
25	17.43 ± 2.38 bc	87.71 ± 14.48 a	28.71 ± 1.58 c
30	14.44 ± 1.21 cd	60.56 ± 6.36 b	21.50 ± 1.35 cd
33	8.17 ± 1.30 d	23.45 ± 4.41 c	14.27 ± 1.84 d

注:表中数据为平均值±标准误,同列数据后相同字母表示经 Duncan 氏多重比较差异不显著($P>0.05$)。Note: The data (mean ± SE) in the same column followed by the same letters are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P>0.05$).

2.5 不同温度下悬铃木方翅网蝽实验种群生命表

根据不同温度下各虫态存活率和成虫繁殖力资料组建了悬铃木方翅网蝽实验种群生命表(表4),表中的起始卵数为假定数,各发育阶段的存活率、雌成虫比例、单雌产卵量均为实际观察值。温度对悬铃木方翅网蝽实验种群的种群增长趋势影响显

著,其中种群趋势指数在 25℃下最大,为 22.46,即在 25℃下,经过 1 个世代后,种群数量达到原来的 22.46 倍。种群趋势指数(I)与温度(T)之间呈抛物线关系, $I = 148.09 - 24.64T + 1.29T^2 - 0.021T^3$ ($R = 91.75$),令其导数为 0,求出种群趋势指数最大时的温度为 26.97℃。

表 4 悬铃木方翅网蝽在不同温度条件下的实验种群生命表

Table 4 Experimental population life table of *Corythucha ciliata* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	进入各发育期虫数 Number of individuals at the beginning of different stages				
	15℃	20℃	25℃	30℃	33℃
卵 Egg	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1 龄 1st instar	71.18	80.14	97.22	82.41	76.04
2 龄 2nd instar	21.70	34.06	87.16	51.27	23.21
3 龄 3rd instar	12.56	28.76	78.76	38.45	17.51
4 龄 4th instar	7.73	24.22	72.77	37.53	16.36
5 龄 5th instar	6.62	20.04	58.68	31.13	15.60
成虫羽化数 Number of adults emerged	3.01	15.89	57.81	26.57	12.94
雌成虫比例 Female proportion	0.80	0.51	0.44	0.68	0.77
平均产卵量 Number of eggs laid per female	29.00	58.50	87.71	60.56	23.45
预计下代产卵量 Total eggs of next generation expected	69.60	478.82	2 245.68	1 094.02	232.66
种群趋势指数(I) Population trend index	0.70	4.79	22.46	10.94	2.33

2.6 不同温度下的悬铃木方翅网蝽种群参数

根据实验种群生命表计算种群的净增值率、内禀增长率和周限增长率等重要生物学参数(表5)。结果显示,在测定温度范围内悬铃木方翅网蝽净增值率、内禀增长率和周限增长率表现为先升高后降低的抛物线关系,均在 15 ℃ 下最小,25 ℃ 下最大。世代平均周期随着温度的升高而缩短,在 15 ℃

下最长,33 ℃ 下最短。种群加倍时间在 25 ℃ 时最短,30 ℃ 其次,20 ℃ 和 33 ℃ 时较长,15 ℃ 时种群数量呈下降趋势,无法加倍。内禀增长率(r_m)与温度(T)之间呈抛物线关系: $r_m = 0.3218 - 0.0527T + 0.002719T^2 - 0.000043T^3$ ($R = 0.9967$),令其导数为 0,求出内禀增长率最大时的温度为 27.02 ℃。

表 5 悬铃木方翅网蝽在不同温度下的种群参数

Table 5 The population parameters of *Corythucha ciliata* at different temperatures

种群参数 Population parameter	温度 Temperature (℃)				
	15	20	25	30	33
世代净增值率 Net reproductive rate (R_0)	0.7600	4.7200	23.8000	9.6700	1.8700
世代平均周期 Mean generation period (T)	99.2500	53.8000	35.4600	28.0800	21.7800
内禀增长率 Innate capacity for increase (r_m)	-0.0012	0.0125	0.0388	0.0351	0.0125
周限增长率 Finite rate of increase (λ)	0.9988	1.0126	1.0396	1.0357	1.0126
种群加倍时间 Population doubling time (t)	—	55.3200	17.8600	19.7500	55.3600

3 讨论

本试验结果表明,悬铃木方翅网蝽生长发育的最适宜温度范围是 25 ~ 30 ℃,高温或低温对其不利。在 15 ~ 33 ℃ 范围内悬铃木方翅网蝽内禀增长率和种群趋势指数均表现为先升高后降低的抛物线关系,均在 15 ℃ 下最小,25 ℃ 下最大。本研究组 2009 年在浙江杭州室外调查中发现,悬铃木方翅网蝽在 4 月底(平均气温 19.5 ℃)开始发生,5 月(平均气温 23.1 ℃)虫口密度较低,但开始上升,6 月(平均气温 26.6 ℃)达到最高,但 7 月中下旬(平均气温 31.3 ℃)却较低,而 8 月(平均气温 28.7 ℃)、9 月(平均气温 25.1 ℃)后明显上升,10 月中旬(平均气温 18.6 ℃)虫口密度又开始下降,这可能与其最适宜温度范围(25 ~ 30 ℃)有关。此外,研究中还发现,不同虫态悬铃木方翅网蝽对温度的敏感性存在明显差异,影响最大的是 1 龄若虫,因此创造不利于 1 龄若虫生存的环境条件,可有效控制该虫的发生。

悬铃木方翅网蝽各虫态的发育起点温度都低于 11 ℃,说明其分布范围相当广阔,在 1 年中的危害时间也较长。如在武汉和上海地区,野外 4 月底或 5 月初气温还较低时,在叶背的主脉或侧脉两边就可见大量悬铃木方翅网蝽 1、2 龄若虫,其发生持续到 11 月中下旬,1 年可发生 5 代^[8,13]。悬铃木方翅网蝽完成 1 个世代所需的有效积温为 479.3 日·度,根据浙江省杭州市 2008—2009 年的气象资料,可以推算出该虫在杭州市 1 年可发生 5 ~ 6 代,这与

室外调查结果一致(另文发表)。

在低温和适温区,昆虫发育速率随温度升高而加速并达到最大值,在高温区则相反,直至死亡。在 15 ~ 33 ℃ 下,悬铃木方翅网蝽发育速率与温度间呈 S 型曲线关系,这种关系可用 Logistic 曲线拟合,但 Logistic 曲线不能反映高温下发育速率随温度升高而下降的现象,而且在试验温度范围内也未出现发育速率随温度升高而下降的现象,这说明 33 ℃ 高温不抑制该虫的发育。下一步试验应提高温度上限至 35 ~ 45 ℃,以明确发育速率随温度升高而开始降低时的温度、停育高温区和致死高温区。

本试验室内饲养的悬铃木方翅网蝽单雌产卵量在 23.45 ~ 87.71 粒之间,与自然条件下的单雌产卵量 284 ~ 350 粒^[1]相差很大。这可能与本试验饲喂的离体悬铃木叶片有关。离体叶片会导致营养下降,从而降低悬铃木方翅网蝽的繁殖力。有研究发现,悬铃木方翅网蝽在单独饲养时雌虫产卵量较低^[10],并且恒温条件不利于悬铃木方翅网蝽的生长发育与繁殖^[11],因此本试验发现的悬铃木方翅网蝽的低产卵量,也可能与试验所用的恒温、单雌饲养等有关。关于变温、光照、湿度、种群密度、营养等综合因子对悬铃木方翅网蝽生长发育的影响还有待进一步研究,以便于更加全面、系统地揭示各因子对其世代的影响机制。

致谢:山东农业大学植物保护学院 2006 级学生刘国柱参加了本试验,特此致谢。

参 考 文 献 (References)

- [1] Halbert S E, Meeker J R. The sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae). Entomology Circular, 1998, 387: 2
- [2] Prado C E. Presence in Chile of *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Heteroptera: Tingidae). Revista Chilena de Entomologia, 1990, 18: 53 – 55
- [3] Oszi B, Landanyi M, Hufnagel L. Population dynamics of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Heteroptera: Tingidae) in Hungary. Applied Ecology and Environmental Research, 2004, 4(1): 135 – 150
- [4] Mazzon L, Girolami V. The sycamore lace bug. Sherwood-For-este ed Alberi Oggi, 2000, 6(6): 27 – 28
- [5] Pellizzari G, Monta L D. The insect pests introduced into Italy between 1945 and 1995. Informatore Fitopatologico, 1997, 47(10): 4 – 12
- [6] 李传仁, 夏文胜, 王福莲. 悬铃木方翅网蝽在中国的首次发现. 动物分类学报, 2007, 32(4): 944 – 946
- [7] 王福莲, 李传仁, 刘万学, 等. 新入侵物种悬铃木方翅网蝽的生物学特性与防治技术研究进展. 林业科学, 2008, 44(6): 137 – 142
- [8] 夏文胜, 刘超, 董立坤, 等. 悬铃木方翅网蝽的发生与生物学特性. 植物保护, 2007, 33(6): 137 – 140
- [9] 柳乙君, 李金甫, 刘亚军, 等. 悬铃木方翅网蝽若虫密度对其繁殖力的影响. 长江大学学报(自然科学版), 2009, 6(2): 9 – 11
- [10] 李金甫, 刘亚军, 邱国强, 等. 悬铃木方翅网蝽发育历期和成虫寿命观察. 湖北农业科学, 2009, 48(12): 3032 – 3034
- [11] 刘亚军, 李传仁. 悬铃木方翅网蝽越冬种群的过冷却点测定. 昆虫知识, 2009, 46(6): 898 – 900
- [12] 鞠瑞亭, 肖娱玉, 薛贵收, 等. 悬铃木方翅网蝽寄主范围的测定. 昆虫知识, 2010, 47(3): 558 – 562
- [13] 肖娱玉, 王凤, 鞠瑞亭, 等. 上海地区悬铃木方翅网蝽的生活史及发生情况. 昆虫知识, 2010, 47(2): 404 – 408
- [14] 朱云峰, 蒋平, 杨小丰, 等. 悬铃木方翅网蝽在浙江的风险分析及防控对策. 植物保护, 2008, 34(6): 38 – 42
- [15] 纪锐, 肖玉涛, 骆芳, 等. 九种药剂防治悬铃木方翅网蝽的药效试验. 昆虫知识, 2010, 47(3): 543 – 546
- [16] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2006: 798 – 801
- [17] 冯康. 数值计算方法. 北京: 国防工业出版社, 1978: 154 – 160
- [18] 梅增霞, 吴青君, 张友军, 等. 韭菜迟眼蕈蚊在不同温度下的实验种群生命表. 昆虫学报, 2004, 47(2): 219 – 222
- [19] 钟义海, 李洪, 刘奎, 等. 温度对椰心叶甲实验种群生长的影响. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2369 – 2372
- [20] 陈洁, 秦秋菊, 孙文琰, 等. 温度对异色瓢虫实验种群的影响. 植物保护学报, 2008, 35(5): 405 – 409
- [21] 冯宏祖, 王兰, 董红强. 十一星瓢虫在不同温度下的实验种群生命表. 昆虫学报, 2007, 50(3): 259 – 263