

淡剑灰翅夜蛾在不同温度下的年龄-龄期生命表

王凤^{1,2}, 徐颖^{1,2*}, 路广亮¹

(1. 上海市园林科学规划研究院, 上海 200232; 2. 上海城市困难立地绿化工程技术研究中心, 上海 200232)

摘要 采用年龄-龄期生命表的方法分析了 19、22、26、30 和 33℃ 恒温条件对淡剑灰翅夜蛾种群发育的影响。结果表明: 在 19~33℃ 范围内, 淡剑灰翅夜蛾各虫态的发育历期普遍随温度的升高而缩短, 33℃ 下淡剑灰翅夜蛾的总发育历期最短, 为 22.5 d, 其次为 30℃ 下 23.4 d; 平均产卵量随温度升高先增加后减少, 雌成虫在 26℃ 下繁殖力最高, 为 550.2 粒。世代平均周期在 33℃ 下最短, 其次为 30℃ 和 26℃ 下; 内禀增长率、周限增长率在 30℃ 下最大, 其次为 26℃ 下; 22、26℃ 下净增殖率均在 100 以上, 表明 22~30℃ 是淡剑灰翅夜蛾种群生长繁殖最适宜的温度范围。

关键词 淡剑灰翅夜蛾; 温度; 年龄-龄期两性生命表; 发育; 繁殖

中图分类号: S 433.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.06.017

The age-stage life tables of *Spodoptera depravata* at different temperatures

Wang Feng^{1,2}, Xu Ying^{1,2}, Lu Guangliang¹

(1. Shanghai Academy of Landscape Architecture Science and Planning, Shanghai 200232, China;
2. Shanghai Engineering Research Center of Landscaping on Challenging Urban Sites, Shanghai 200232, China)

Abstract The developmental duration and fecundity of *Spodoptera depravata* were investigated and the age-stage life tables were constructed at five constant temperatures (19, 22, 26, 30 and 33°C). The developmental duration of *S. depravata* were decreased with the temperature increasing from 19°C to 33°C. The minimum of total developmental duration was 22.5 d at 33°C, followed by 23.4 d at 30°C, and the maximum of egg-laying per female adult was 550.2 eggs at 26°C. The mean generation time of *S. depravata* was the shortest at 33°C, followed by 30°C and 26°C. The intrinsic increase rate and finite increase rate were the largest at 30°C, followed by 26°C, and the net reproductive rate at 26°C and 22°C were both more than 100. The results indicated that 22–30°C is the optimal temperature range for development and reproduction of *S. depravata*.

Key words *Spodoptera depravata*; temperature; age-stage life table; development; reproduction

淡剑灰翅夜蛾 *Spodoptera depravata* 是近年来危害高羊茅 *Festuca arundinacea*、狗牙根 *Cynodon dactylon* 等多种禾本科草坪草的一种重要的鳞翅目害虫, 该虫在我国多个省市被报道对草坪造成严重危害^[1-2], 虫口密度高时, 可达每平方米数百头, 对草坪造成毁灭性危害, 是我国东部地区最为严重的草坪害虫。

温度是影响昆虫生长发育、繁殖及种群动态的重要非生物因素之一。利用昆虫生命表研究温度对昆虫种群动态的影响, 有助于掌握昆虫的生物学、发生规律及生命参数等信息。已有的关于温度对淡剑灰翅夜蛾种群的报道仅从传统生命表的角度进行了研究^[3-6]。但传统的生命表只考虑了雌虫繁殖率, 忽

略了雄虫对种群的贡献, 也没有考虑个体间发育速率的差异, 其分析结果难以如实反映该虫种群参数等信息^[7]。因此, 年龄-龄期两性生命表对传统生命表进行了补充和改进, 综合地考虑了雌雄和个体发育速率差异, 描述了雌雄两性的生命过程, 其分析结果更接近客观事实^[8-11]。本研究通过组建不同温度下淡剑灰翅夜蛾的年龄-龄期两性生命表, 研究了温度对该虫生长发育和繁殖的影响, 以期为更准确地制定该虫的综合治理技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料: 2016 年 3 月—4 月, 于上海辰山植物

收稿日期: 2017-03-07 修订日期: 2017-04-17

基金项目: 上海市科技人才计划(14YF1414100); 上海市绿化和市容管理局攻关项目辰山科研专项(G142437)

* 通信作者 E-mail: xuying20002@163.com

园狗牙根草坪上采集越冬幼虫,带回实验室,用狗牙根草繁殖后,以新产卵块供试。

仪器:Sanyo MLR-350H 人工气候培养箱,日本三洋电机有限公司。

1.2 方法

1.2.1 温度对生长发育、存活和繁殖的影响

分别设置 19、22、26、30 和 33℃ 5 个温度梯度的人工气候培养箱,误差范围为±0.5℃,并模拟夏季白天和黑夜的时间比例设置 L//D=14 h//10 h、(80±5)%相对湿度。

挑选发育良好的卵块放于底部垫有保湿滤纸的培养皿中开始饲养观察,每天定时观察并记录卵的孵化时间和孵化数、幼虫的发育历期及存活情况、幼虫化蛹时间和数量和成虫羽化时间数量、产卵时间、产卵量及死亡时间等。每温度下卵量 100~200 粒,重复 3 次。幼虫用狗牙根草单头饲养,成虫以雌雄比 1:1 随机配对,单对饲养,保证每个温度下至少配成 5 对。

1.2.2 年龄-龄期生命表的组建与数据分析

参照 Chi 和 Liu^[8]、Chi^[9]的方法,组建了不同温度下淡剑灰翅夜蛾的种群两性生命表(表略),并利用年龄-龄期两性生命表软件^[10],对数据进

行处理和分析,统计年龄-龄期存活率(S_{xj})、繁殖率贡献值(v_{xj})、期望寿命(e_{xj})^[8-10]和内禀增长率(r)、净生殖率(R_0)、周限增长率(λ)和平均世代周期(T)4 个种群参数。试验所得数据均采用 DPS7.05^[12]单因素方差分析和 Tukey 法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 温度对淡剑灰翅夜蛾发育历期和繁殖力的影响

不同温度下淡剑灰翅夜蛾各虫态的发育历期、成虫寿命及繁殖力存在显著性差异(卵期: $F_{4,13} = 90.4$;幼虫期: $F_{4,224} = 729.3$;蛹期: $F_{4,154} = 817.8$;总发育历期: $F_{4,154} = 1\ 494.7$;雌成虫寿命: $F_{4,82} = 17.3$;雄成虫寿命: $F_{4,54} = 12.5$;单雌繁殖力: $F_{4,51} = 4.4$)。在 19~33℃ 范围内,各虫态的发育历期、成虫寿命普遍随温度的升高而明显缩短,33℃ 下淡剑灰翅夜蛾的总发育历期最短,为 22.5 d,其次为 30℃ 下的 23.4 d,两者均显著短于其他温度;雌、雄成虫在 33℃ 下寿命最短,分别为 1.9、2.2 d,与 30℃ 下雌、雄成虫寿命无显著差异;雌成虫繁殖力随温度先升高后降低,26℃ 下平均产卵量最高,达到 550.2 粒,而 33℃ 和 19℃ 下平均产卵量显著低于 26℃ (表 1)。

表 1 温度对淡剑灰翅夜蛾各虫态发育历期和繁殖力的影响¹⁾

Table 1 Effects of temperature on developmental duration and fecundity of *Spodoptera depravata*

温度/℃ Temperature	各虫态发育历期/d Developmental duration of different stages			总发育历期/d Total developmental duration	雌成虫寿命/d Female adult longevity	雄成虫寿命/d Male adult longevity	平均产卵量/粒 Number of eggs laid per female
	卵期 Egg	幼虫期 Larva	蛹期 Pupa				
19	(8.8±0.4)a	(37.1±3.3)a	(19.4±1.5)a	(64.5±3.6)a	(7.7±3.2)a	(8.9±3.3)a	(273.5±167.7)b
22	(5.8±0.4)b	(29.1±3.7)b	(13.5±1.8)b	(46.4±5.2)b	(7.2±3.2)ab	(7.7±1.9)ab	(353.6±208.7)ab
26	(4.3±0.5)c	(19.4±2.0)c	(9.5±0.9)c	(31.7±1.4)c	(4.8±2.5)bc	(5.1±2.3)b	(550.2±197.9)a
30	(3.0±0.0)d	(15.0±1.7)d	(5.9±0.7)d	(23.4±1.2)d	(3.3±2.0)cd	(2.4±1.5)c	(321.3±307.3)ab
33	(3.3±0.5)cd	(13.8±1.7)d	(6.0±1.1)d	(22.5±1.6)d	(1.9±1.4)d	(2.2±1.4)c	(120.8±77.2)b

1) 表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同字母表示经 Tukey 法检验差异显著($P < 0.05$)。

Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters within the same column indicate significant differences at $P < 0.05$ level by Tukey test.

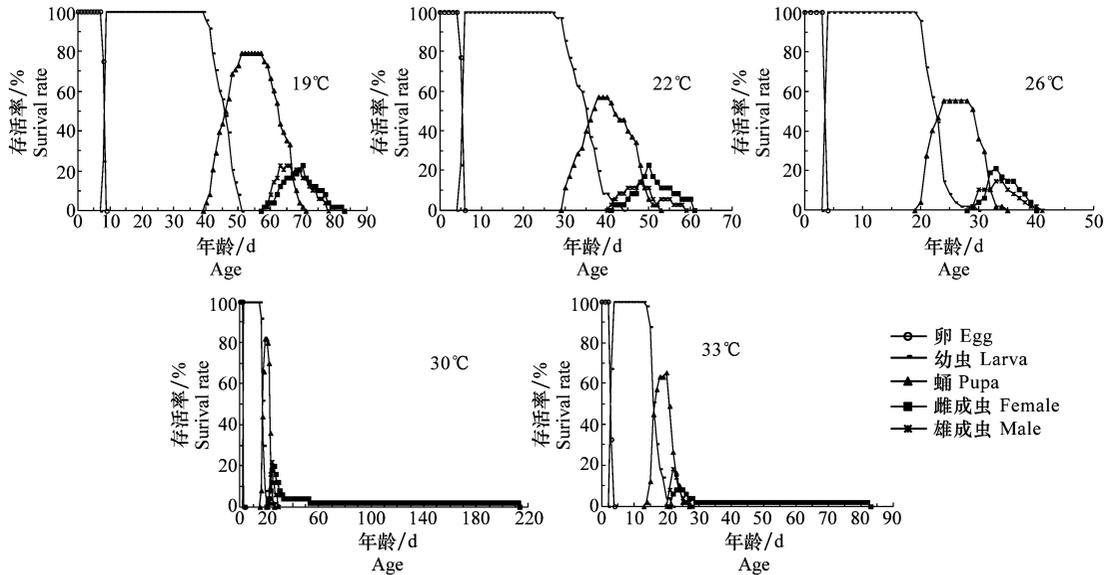
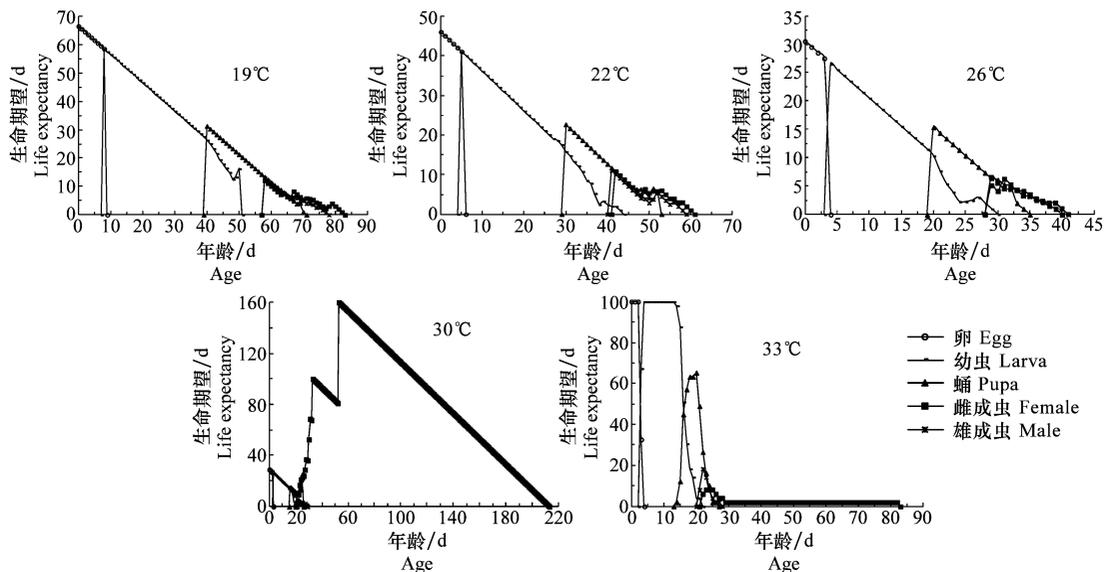
2.2 温度对淡剑灰翅夜蛾存活率、期望寿命和繁殖率贡献值的影响

淡剑灰翅夜蛾在 30℃ 下存活率最高,约 82% 的幼虫能完成生命周期,其余温度下幼虫存活率介于 60%~70%。19、22℃ 下该虫分别发育至 83 d 和 61 d 即全部死亡,26℃ 下发育至 41 d 全部死亡,30℃ 和 33℃ 下分别于发育 213 d 和 83 d 后全部死亡(图 1)。

不同温度下,淡剑灰翅夜蛾期望寿命随年龄的增加逐渐下降。且随着温度上升,期望寿命逐渐缩短,

其中 19℃ 下期期望寿命最长,初产卵的期望寿命达到 66.58 d,33℃ 下期期望寿命最短,为 23.35 d(图 2)。

不同温度下,淡剑灰翅夜蛾各虫态的繁殖率贡献值随着年龄增加而增加,直至成虫期达到最大值。成虫期的繁殖率贡献值随温度的上升呈先升高后降低的趋势,其中在 22℃ 和 26℃ 下均达到 472 头/雌,其他温度下的繁殖率贡献值均低于 350 头/雌。且随着温度的升高,繁殖率贡献值达到最高峰的年龄逐渐缩短,33℃ 下在 25 d 达到最高峰,而 19℃ 下在 61 d 才达到贡献值最高峰(图 3)。

图 1 不同温度下淡剑灰翅夜蛾的年龄-龄期存活率(S_{xj})Fig. 1 Age-stage survival rate (S_{xj}) of *Spodoptera depravata* at different temperatures图 2 不同温度下淡剑灰翅夜蛾的期望寿命(e_{xj})Fig. 2 Life expectancy (e_{xj}) of *Spodoptera depravata* at different temperatures

2.3 温度对淡剑灰翅夜蛾种群参数的影响

不同温度下淡剑灰翅夜蛾的种群参数差异显著,其中内禀增长率、周限增长率在 26~30℃下显著大于其他温度,分别为 0.14、0.15 和 1.15、1.17;净增殖率在 26℃下最大,达 129.50,其次在 22℃下,为 100.17。世代平均周期在 19℃下最长,为 68.06 d($r_m: F_{4,10} = 24.9; R_0: F_{4,10} = 147.4; T: F_{4,10} = 34.0; \lambda: F_{4,10} = 35.3$) (表 2)。

3 讨论

生命表是研究昆虫种群动态和害虫预测预报的重要工具。年龄-龄期两性生命表在传统生命表的

基础上,综合考虑了个体间发育的差异性和雌雄两性对种群的贡献值,准确统计了昆虫的存活率、生命期望、繁殖率贡献值、种群参数等信息。结果表明,不同温度下幼虫期存活率是影响种群动态的关键因素,30℃下淡剑灰翅夜蛾幼虫期的存活率最高。期望寿命随年龄的增加和温度的上升逐渐缩短。成虫期对种群的贡献值最大,并随温度的上升呈先升高后降低的趋势。因此,该结果可为野外淡剑灰翅夜蛾的综合治理提供科学指导:幼虫期和成虫期是该虫防治的关键节点,建议选择在幼虫高峰期开展药剂防治或在成虫期使用灯光诱杀。

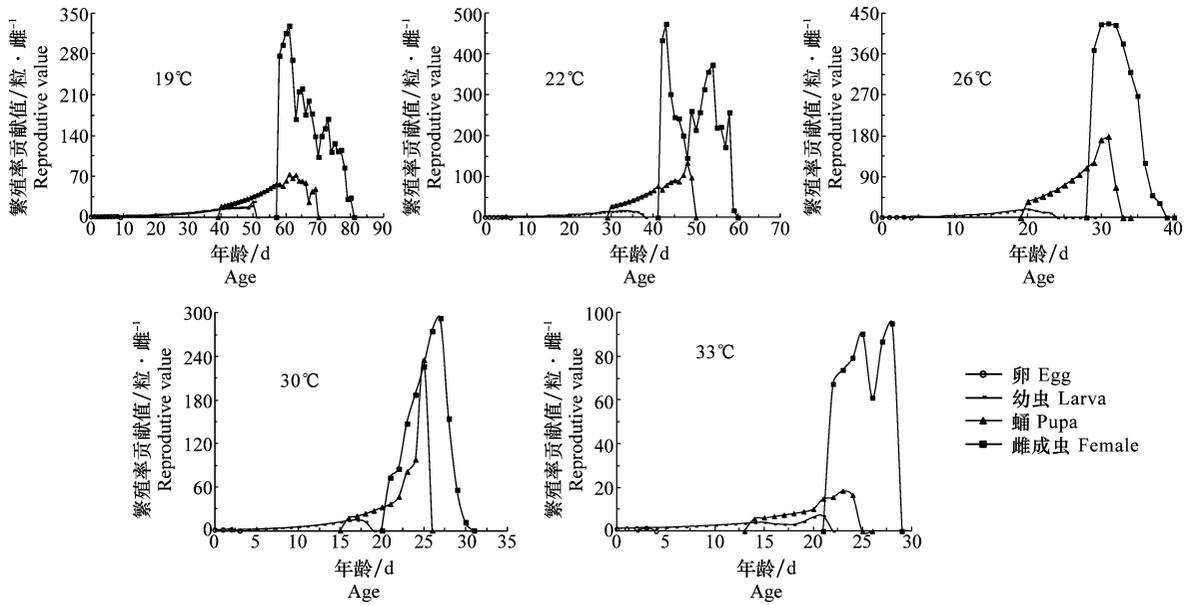


图3 不同温度下淡剑灰翅夜蛾的繁殖率贡献值 (v_{xj})

Fig. 3 Reproductive values (v_{xj}) of *Spodoptera depravata* at different temperatures

表2 温度对淡剑灰翅夜蛾种群参数的影响¹⁾

Table 2 Effects of temperature on population parameters of *Spodoptera depravata*

温度/℃ Temperature	内禀增长率 r_m Intrinsic increase rate	净增殖率 R_0 Net reproductive rate	世代平均周期 T Mean generation time	周限增长率 λ Finite increase rate
19	(0.07±0.01)b	(91.09±6.82)bc	(68.06±7.18)a	(1.07±0.01)b
22	(0.09±0.01)b	(100.17±5.70)b	(53.33±4.25)b	(1.09±0.01)b
26	(0.14±0.02)a	(129.50±9.81)a	(35.84±3.62)c	(1.15±0.02)a
30	(0.15±0.01)a	(74.41±4.21)c	(29.43±2.57)c	(1.17±0.01)a
33	(0.08±0.01)b	(11.18±2.00)d	(28.23±6.45)c	(1.09±0.01)b

1) 表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同字母表示经 Tukey 法检验差异显著 ($P < 0.05$)。

Data in the table are mean ± SE. Different lowercase letters within the same column indicate significant differences at $P < 0.05$ level by Tukey test.

研究表明,在 19~33℃ 范围内,淡剑灰翅夜蛾都能完成整个世代,且不同温度下淡剑灰翅夜蛾各虫态的发育历期、成虫寿命、平均产卵量和种群参数存在显著差异。总发育历期在 33℃ 下最短,为 22.5 d,其次为 30℃ 下;雌成虫在 26℃ 下繁殖力最高,为 550.2 粒,其次为 30、22℃,均在 300 粒以上;26℃ 下净增殖率最大,其次是 22℃,均大于 100。综合分析认为 22~30℃ 是该虫发育繁殖的最适温度范围。这一结果与野外的调查基本吻合,该虫在上海地区 7—11 月份严重为害狗牙根草坪。结果还显示,淡剑灰翅夜蛾成虫在恒温 33℃ 下单雌产卵量仅为 120.8 粒,表明高温不利于其种群的繁殖,这与野外调查情况稍有差异,究其原因,可能是野外昆虫的发育繁殖主要由自然变温决定,而本研究结果主要在恒温条件下饲养观察而得。目前大多数关于温度

对昆虫种群影响的研究都是在恒温条件下开展的,然而昆虫在野外通常处于自然变温的大环境中,恒温条件下的数据只能反映昆虫种群动态的趋势,因此自然变温条件下的研究有助于更准确地指导该虫的科学防控。此外,本研究中不同温度下各虫态的发育历期明显比张宏等^[6]的研究结果长,分析原因主要是饲喂寄主的不同。昆虫种群的发育繁殖还受到光周期、寄主营养等因素的影响,关于光照、寄主等其他因素对淡剑灰翅夜蛾生长发育繁殖的影响后续有必要进一步研究,以便全面了解不同因素对该虫种群动态的影响。

参考文献

[1] 王润珍,潘丽丽,闫俊俊. 草坪害虫——淡剑灰翅夜蛾防治技术研究[J]. 辽宁农业职业技术学院学报, 2007, 9(3): 27-28.

学院学报, 1994, 8:47-52.

[13] 蔡贤如, 高聿清. Logistic 方程参数优化估计方法研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1995, 26(1):64-67.

[14] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994:329-332.

[15] 张孝羲. 昆虫生态及预测预报[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002:217-220.

[16] 李典谟, 王莽莽. 快速估计发育起点及有效积温法的研究[J]. 昆虫知识, 1986, 23(4):184-187.

[17] 杜艳丽, 郭洪梅, 孙淑玲, 等. 温度对桃蛀螟生长发育和繁殖的影响[J]. 昆虫学报, 2012, 55(5):561-569.

[18] 丁尧, 杨群芳, 李庆, 等. 温度对微小花蝽生长发育和繁殖的影响[J]. 昆虫学报, 2016, 59(6):647-653.

[19] 盛祥耀. 高等数学(上)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 106-107.

[20] 岳健, 何嘉, 张蓉, 等. 多异瓢虫的发育与温度的关系[J]. 昆虫知识, 2009, 46(4):605-609.

[21] 陈亚丽, 阿地力·沙塔尔, 喻峰, 等. 榆黄毛蚧叶甲的发育起点温度与有效积温的测定[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(1): 185-190.

[22] 张连翔, 刘朝晖. 常温下昆虫发育速率温度效应的“S”形关系中最适温区的定量确定方法[J]. 辽宁林业科技, 1993(3):31-34.

[23] 李迎洁, 王梓英, 张国豪, 等. 温度对柑橘始叶螨实验种群生长发育繁殖的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(4):862-868.

[24] 唐业忠, 朱建国, 况荣平. 发育起点温度的概念和应用问题[J]. 生态学杂志, 1993, 12(6):70-72.

[25] 刘树生. 昆虫发育速率与温度的关系研究[J]. 科技通报, 1986, 2(5):25-27.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 112 页)

[2] 薛明, 康俊水, 于晓, 等. 草坪害虫淡剑夜蛾生物学及防治技术的研究[J]. 华东昆虫学报, 2002, 11(1): 68-72.

[3] 黄东林, 徐忠明, 李建华, 等. 淡剑纹灰翅夜蛾存活发育与繁殖力的初步研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2004, 25(1):73-75.

[4] 黄东林, 蒋芳敏, 徐波, 等. 狗牙根、白花三叶草对淡剑纹灰翅夜蛾生长发育和繁殖的影响[J]. 昆虫知识, 2007, 44(4):527-530.

[5] 黄东林, 许慧卿. 淡剑纹灰翅夜蛾实验种群生命表[J]. 江苏农业学报, 2004, 20(3):164-168.

[6] 张宏, 万晓泳, 祝树德. 温度对园林害虫淡剑灰翅夜蛾种群的影响[C]//程家安. 城市害虫综合治理进展——全国第七届城市昆虫学术研讨会论文集. 杭州: 浙江大学出版社, 2005:148-151.

[7] 吴坤君, 龚佩瑜, 李秀珍, 等. 粘虫的年龄-发育期结构生命表[J]. 昆虫学报, 1994, 37(4):426-434.

[8] Chi H, Liu H. Two new methods for the study of insect popu-

lation ecology [J]. Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica, 1985, 24(2): 225-240.

[9] Chi Hsin. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals [J]. Environmental Entomology, 1988, 17(1): 26-34.

[10] Chi H. Computer program for the age-stage, two-sex life table analysis [DB/OL]. National Chung Hsing University, Taichung Taiwan. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Twosex-MSChart.rar/>. 2016.

[11] Huang Y B, Chi H. Life table of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: tephritidae): with an invalidation of the jackknife technique [J]. Journal of Applied Entomology, 2013, 137(5):327-339.

[12] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 117 页)

[11] 阎雄飞, 李刚, 刘永华, 等. 枣食芽象甲越冬幼虫空间分布型和抽样技术研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(31): 285-289.

[12] 佳县地方志编纂委员会. 佳县志[M]. 西安: 陕西旅游出版社, 2008:35-36.

[13] Iwao S. Application of the $M^* - M$ method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size [J]. Researches on Population Ecology, 1972(14): 97-128.

[14] Taylor L R, Woivod I P, Perry J N. The density-dependence of spatial behavior and the rarity of randomness [J]. Journal of Animal Ecology, 1978(47): 383-406.

[15] 兰星平. 种群聚集度指标回归模型群在检验昆虫种群空间分布型中的应用[J]. 贵州林业科技, 1995, 23(1): 40-52.

[16] Blackith R E. Nearest-neighbour distance measurements for the estimation of animal populations [J]. Ecology, 1958(39): 147-150.

[17] 李哲, 季荣, 谢宝瑜, 等. 论昆虫空间生态学研究[J]. 昆虫知识, 2004, 40(1): 1-6.

[18] 曲辉, 李腾友, 江冬, 等. 辽宁省稻水象甲成虫的空间分布型及抽样方法的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1998, 29(1): 30-33.

[19] 朱俊庆, 商建农, 郭敏明. 茶丽纹象甲空间分布型及抽样技术的研究[J]. 昆虫知识, 1988(5): 277-280.

[20] 周崇和, 魏余煌. 稻象甲成虫空间格局参数特征及其应用[J]. 昆虫知识, 1990(5): 271-274.

[21] 黄水金, 章根平, 裴润根, 等. 稻象甲成虫空间分布型的研究[J]. 江西农业学报, 2000, 12(4): 30-35.

[22] 丁岩钦. 昆虫种群生态学原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 22-57.

(责任编辑: 田 喆)