

乔利,张方梅,张权,等.小贯小绿叶蝉试验种群生命表研究[J].江苏农业科学,2019,47(3):100-103.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.03.024

# 小贯小绿叶蝉试验种群生命表研究

乔利,张方梅,张权,潘鹏亮,洪枫,尹健,刘红敏

(信阳农林学院/河南省豫南农作物有害生物绿色防控院士工作站,河南信阳 464000)

**摘要:**为明确温度对小贯小绿叶蝉(*Empoasca onukii* Matsuda)生长发育和繁殖的影响,在15、19、23、27、30℃共5个恒温条件下,研究温度对小贯小绿叶蝉发育历期、存活率和繁殖的影响。结果表明,在15~30℃温度范围内,随着温度升高小贯小绿叶蝉的发育速率加快,并符合Logistic模型。在验温度范围内,若虫期、产卵前期、卵期、世代历期分别为5.54~18.09、4.02~6.86、5.54~14.68、15.10~39.63 d。小贯小绿叶蝉的若虫、产卵前期、卵期的发育起点温度分别为36.85、7.86、11.06℃,有效积温分别为136.59、74.98、93.54 d·℃,完成整个世代需要的有效积温为305.33 d·℃。在不同温度处理下,雌成虫的寿命长于雄虫,分别为6.48~24.10、5.38~19.39 d。19~27℃时内禀增长率(0.14、0.15、0.16)较高,世代存活率(90.00%、89.60%、87.20%)最高,净生殖率最大(18.42、17.46、15.90)。据此得出,19~27℃是最适宜茶小绿叶蝉生长发育和繁殖的温度范围。

**关键词:**小贯小绿叶蝉;温度;生命表;有效积温;存活率;内禀增长率

**中图分类号:** S435.711 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)03-0100-03

小贯小绿叶蝉(*Empoasca onukii* Matsuda)是一种世界性的茶树重要害虫,也是目前在我国分布最广、危害最重的茶树害虫<sup>[1-2]</sup>。该虫在国内外分布广泛,除危害茶树外,也取食豆科、十字花科蔬菜、禾本科、蔷薇科及多种杂草。在茶园以成虫和若虫刺吸危害茶树新梢嫩叶,严重影响茶叶的产量和品质<sup>[3]</sup>。一般受害年份夏秋茶减产10%~15%,重灾年份减产达50%以上<sup>[4]</sup>。随着温度及地区的变化,其发生世代数与发生量均有明显差异<sup>[5]</sup>。

目前国内外对茶园小绿叶蝉的研究,大部分集中在发生规律、综合防治技术<sup>[6-7]</sup>及抗性<sup>[8]</sup>等方面。有关基础生物学和生态学方面的研究相对较少<sup>[9]</sup>,已有的报道用于研究的虫源和方法各异,结论也不尽相同<sup>[10-11]</sup>,且多集中在变温条件下<sup>[12-13]</sup>。对于室内恒温条件下其生殖力参数及有效积温等均未作深入分析。为进一步明确环境温度对小贯小绿叶蝉在田间发生危害期生长发育的影响,本试验构建5个恒定温度下的试验种群生命表,对其种群的生长发育及繁殖力进行研究,以期深入探讨气候变化对小贯小绿叶蝉适合度、种群数量变化的规律的影响,为该虫的生态学机制、预测测报及综合治理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

收稿日期:2017-11-20

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0200900);河南省高等教育教学改革研究与实践项目(编号:2017SJGLX135);信阳农林学院重点学科培育学科建设项目(编号:ZDXK201701)。

作者简介:乔利(1980—),女,河南平顶山人,博士研究生,助理研究员,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail: qiaoli\_518@aliyun.com。

通信作者:刘红敏,河南信阳人,副教授,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail: liuhongm8@sina.com。

试验时间为2016—2017年。试虫为在信阳市农业科学院人工气候室RQS-10(浙江宁波莱福科技有限公司),温度为(20±1)℃,光—暗周期为14 h—10 h,光照度4 000 lx,相对湿度为(75±5)%条件下继代饲养的小贯小绿叶蝉。花盆(直径为20 cm,高为15 cm)内栽植的茶树苗为无性扦插的2年生苗(信阳本地种,温室种植),室内栽植茶树苗的基质成分为茶园土:椰棕糠:珍珠岩=20:4:1,选取生长旺盛的健康植株作为供试茶苗,苗的高度为15~20 cm。上面罩覆有60目纱布的塑料瓶(直径为15 cm,高为25 cm)。

### 1.2 供试仪器

主要仪器有MGC-450-HP2型人工气候箱(上海一恒科学仪器有限公司),解剖镜(宁波舜宇XSG-109L),镊子、毛笔、记号笔、指形管等。

### 1.3 温度处理

试验在(15±1)、(19±1)、(23±1)、(27±1)、(30±1)℃人工气候箱内[光—暗周期为14 h—10 h,光照度为4 000 lx,相对湿度为(75±5)%]进行。分别取同一天孵化的60头1龄若虫,接于不同温度处理的茶苗上,每天08:00—10:00和20:00—22:00观察记录每个处理内的小贯小绿叶蝉数量和龄期。成虫期雌雄配对饲养,观察至成虫死亡,卵孵化出幼虫为止。每个处理设3个重复。试验用虫为室内继代饲养5代后幼虫。

### 1.4 繁殖观测

将2日龄的成虫按照1:1的比例于养虫瓶内配对饲养。取含有1芽3叶、健康无虫害的茶叶新梢,用湿棉球将茎秆基部包裹保湿,然后置于养虫瓶内。茶叶枝条来自室内栽植的茶树苗。每天更换茶叶枝条,并将换下的枝条于另一养虫瓶中继续保湿观察,记录若虫孵化情况,并及时取出孵化若虫。分别计算产卵前期和卵期的天数。产卵前期为第1次更换枝条的日期到出现若虫孵化的日期之间所经历的天数;卵期为更换的新梢在瓶子内的日期到若虫孵化的日期之间所经历的

天数。

1.5 分析方法

采用直接最优法计算小贯小绿叶蝉各历期的发育起点温度和有效积温<sup>[14]</sup>。将其在不同温度下的发育历期( $N$ )转换成发育速率( $V$ ),用 Marquardt 法<sup>[15]</sup>拟合小贯小绿叶蝉各历期的发育速率( $V$ )与温度( $T$ )之间的关系。根据不同温度下各发育阶段的存活率,生命表的组建参照张孝羲的方法<sup>[16]</sup>。

每个虫龄的存活率都以发育到该虫龄的数量为基数,与发育到下一虫龄的数量相比,计算该虫龄的存活率。世代存活率则以供试卵数为基数,将成虫的数量与其相比来计算。

1.6 数据处理

利用 SPSS 16.0 对数据进行处理。不同温度下卵及幼虫发育历期差异显著性分析采用 Duncan's 多重比较法,显著性水平为 0.05。发育速率与温度关系根据不同温度条件下小贯小绿叶蝉卵和幼虫的发育情况利用 Logistic 模型进行拟合。所有数据均采用平均数±标准误表示。生命表参数、发育起点温度及有效积温计算方法如下:

发育起点温度  $C = \frac{\sum_{i=1}^n T_i D_i^2 - \overline{D} \sum_{i=1}^n T_i D_i}{\sum_{i=1}^n D_i^2 - n \overline{D}^2}$ ;

有效积温  $A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i$ ;

净增殖率  $R_0 = \sum L_x m_x$ ;

平均世代周期  $T = (\sum x L_x m_x) / R_0$ ;

内禀增长率  $r_m = \ln R_0 / T$ ;

周限增长率  $\lambda = e^{r_m}$ ;

种群加倍时间  $t = \ln 2 / r_m$ 。

式中: $T_i$  为试验所设定的温度(℃); $D_i$  为在  $T_i$  温度条件下的发育历期(d); $A_i$  为在发育起点温度为  $C$  时的有效积温( $d \cdot ^\circ C$ ); $x$  表示单位时间; $L_x$  表示在  $x$  期开始时的雌虫存活率; $m_x$  表示在  $x$  期内存活的平均每一个雌虫所产生的雌性后代数; $e$  为自然常数。

2 结果与分析

2.1 温度对发育历期的影响

由表 1 可知,在不同温度下,小贯小绿叶蝉各虫态的发育历期均有明显不同。总体表现为随着温度的升高,各发育历期逐渐缩短。卵期除 23、27℃ 之间无显著差异外,其他温度下卵发育历期均差异显著,以 30℃ 下的发育历期最短。1~3 龄幼虫的发育历期趋势同卵期;4~5 龄表现一致,19、23℃ 处理间无显著差异,与其他温度处理差异均达显著水平。产卵前期以 15℃ 时的发育历期最长,30℃ 时的发育历期最短,均与其他处理差异达显著水平,19~27℃ 间无差异。小贯小绿叶蝉整个世代历期表现为随着温度的升高逐渐缩短,整体上 23、27℃ 间差异不显著。

根据表 1 的数据,将小贯小绿叶蝉在不同温度下的发育历期( $N$ )转换成发育速率( $V$ )后,采用 Logistic 曲线: $y = A/[1 + B \times \exp(-k \times t)]$  进行拟合,得出温度与小贯小绿叶蝉发育速率的关系模型,其参数值见表 2。由表 2 可知,小贯小绿叶蝉各发育历期的速度与温度的关系均可以用 Logistic 模型进行很好地模拟。

表 1 不同温度下小贯小绿叶蝉的发育历期

温度 (℃)	卵期 (d)	若虫期(d)					产卵前期 (d)	世代历期 (d)
		1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄		
15	14.68±0.30A	4.95±0.10A	3.97±0.08A	3.66±0.09A	3.64±0.36A	1.87±0.91A	6.86±0.56A	39.63±0.84A
19	11.15±0.12B	2.97±0.13B	2.95±0.16B	1.92±0.11B	1.89±0.10B	1.13±0.24B	5.73±0.17B	27.21±0.20B
23	8.52±0.25C	2.18±0.05C	2.22±0.02C	1.54±0.06C	1.62±0.03B	1.04±0.32B	5.26±0.15B	21.21±0.32C
27	7.63±0.18C	2.02±0.02C	2.01±0.03C	1.32±0.04C	1.23±0.05C	0.86±0.14C	4.93±0.24B	19.33±0.11C
30	5.54±0.06D	1.65±0.07D	1.40±0.04D	0.86±0.05D	0.83±0.03D	0.80±0.91D	4.02±0.27C	15.10±0.43D

注:同列数据后不同大写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

表 2 小贯小绿叶蝉的发育速率与温度的关系模型

发育阶段	预测模型	$R^2$	$P$ 值
卵期	$y = 8.86/[1 + 136.20 \times \exp(-0.333t)]$	0.995	$P < 0.01$
若虫期	$y = 1.41/[1 + 4.48 \times \exp(-0.382t)]$	0.993	$P < 0.01$
产卵前期	$y = 7.71/[1 + 53.06 \times \exp(-0.159t)]$	0.987	$P < 0.01$
世代历期	$y = 1.82/[1 + 70.80 \times \exp(-0.406t)]$	0.994	$P < 0.01$

2.2 发育起点温度与有效积温

根据试验数据,通过直接最优法分别得出卵期、1~5 龄若虫期、产卵前期和整个世代的发育起点温度和有效积温。从表 3 可知,小贯小绿叶蝉各虫态的发育起点温度和有效积温不同,以 5 龄的发育起点温度最低,为 2.62℃,与其他龄期差异达显著水平。卵期的发育起点温度在各龄期中最高,该时期的有效积温也最高,均与其他时期差异达显著水平。小贯小绿叶蝉完成整个世代的有效积温为 305.33 d·℃。

2.3 温度对成虫寿命的影响

由表 4 可知,小贯小绿叶蝉成虫的寿命随着温度的升高

逐渐缩短,而且不同温度处理下差异显著,各处理下雌虫的寿命均长于雄虫。在 15℃ 恒温条件下,雌虫的寿命可达 24.10 d,而在温度为 30℃ 时,成虫的寿命为 5.38~6.48 d。在温度为 23~27℃ 条件下,雌虫与雄虫的寿命均无差异,但与其他温度处理有显著差异。不同温度处理下的成虫寿命为 5.93~21.75 d。

2.4 不同温度处理下的生命表参数比较

由表 5 可知,在温度为 19~23℃ 时净增殖率值较大;温度为 30℃ 时,净生率率仅为 8.22,与其他处理差异显著。内禀增长率在温度为 19~30℃ 处理间无显著差异,但均与温度

表 3 小贯小绿叶蝉各虫态的发育起点温度和有效积温

发育阶段	发育起点温度 (℃)	有效积温 (d·℃)
卵期	11.06 ± 0.12A	93.54 ± 0.37B
1 龄	7.85 ± 0.18C	36.49 ± 0.69D
2 龄	7.68 ± 0.14C	34.61 ± 0.41D
3 龄	9.46 ± 0.25B	21.88 ± 0.82E
4 龄	9.24 ± 0.19B	21.27 ± 0.60E
5 龄	2.62 ± 0.22D	22.34 ± 0.56E
产卵前期	7.86 ± 0.15C	74.98 ± 0.13C
整个世代	7.73 ± 0.17C	305.33 ± 0.65A

表 4 不同温度下小贯小绿叶蝉成虫寿命比较

温度 (℃)	寿命(d)		
	雌	雄	平均
15	24.10 ± 1.04A	19.39 ± 0.62A	21.75 ± 0.80A
19	18.29 ± 0.63B	16.36 ± 0.26B	17.32 ± 0.34B
23	14.99 ± 0.34C	12.31 ± 0.34C	13.65 ± 0.02C
27	12.99 ± 0.25C	10.31 ± 0.22C	11.65 ± 0.03C
30	6.48 ± 0.57D	5.38 ± 0.29D	5.93 ± 0.33D

为 15℃ 时差异显著。种群加倍时间随着温度的升高而降低。周限增长率在各温度处理下均大于 1。各处理的雌雄比在 0.95 ~ 1.14 之间,接近 1 : 1,差异不显著。

表 5 温度对小贯小绿叶蝉生命表参数的影响

温度 (℃)	净生殖率 ( $R_0$ )	平均世代周期 ( $T$ )	内禀增长率 ( $r_m$ )	周限增长率 ( $\lambda$ )	种群加倍时间 ( $t$ )	性比
15	14.42 ± 0.02C	39.63 ± 0.05A	0.08 ± 0.003B	1.08 ± 0.002B	9.08 ± 0.02A	1.14 ± 0.58A
19	18.42 ± 0.02A	27.21 ± 0.02B	0.14 ± 0.002A	1.15 ± 0.003A	6.80 ± 0.04B	0.98 ± 0.41A
23	17.46 ± 0.01A	21.21 ± 0.04B	0.15 ± 0.001A	1.19 ± 0.004A	6.54 ± 0.02C	1.07 ± 0.27A
27	15.90 ± 0.01B	19.33 ± 0.04C	0.16 ± 0.001A	1.17 ± 0.004A	5.46 ± 0.02C	0.97 ± 0.27A
30	8.22 ± 0.09D	15.10 ± 0.03D	0.16 ± 0.003A	1.19 ± 0.003A	4.39 ± 0.03D	0.95 ± 0.41A

2.5 温度对各龄期存活率的影响

在不同温度处理下,小贯小绿叶蝉各龄期的存活率随龄期的增加逐渐增加(图 1)。3、5 龄的存活率在 15 ~ 27℃ 处理下处于同一水平,30℃ 处理的成活率较低,与其他处理差异达显著水平。1 龄与 2 龄的表现趋势一致,均表现为温度 19 ~ 27℃ 间,存活率无显著差异,15、30℃ 间存活率无显著差异,两者与其他温度下存活率均差异显著。4 龄时,19 ~ 27℃ 处理存活率较高,与其他处理差异显著,其次为 15℃,以 30℃ 处理的存活率最低。

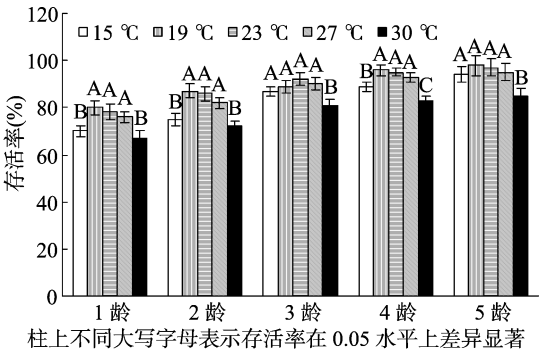


图 1 不同温度下小贯小绿叶蝉各龄期的存活率

3 结论与讨论

温度对小贯小绿叶蝉的生长和繁殖有很大影响,且不同虫态对温度的适应性存在明显差异。本研究结果表明,除卵期外,小贯小绿叶蝉每个历期的发育起点温度均低于 10℃,表明在相对较低的温度下小贯小绿叶蝉即可以进行生长发育,只是世代周期相对延长,该研究结果与小贯小绿叶蝉在茶园的发生情况较一致。每年 3 月中旬,茶园气温低于 10℃ 时,可见到小贯小绿叶蝉成虫,随着温度逐渐升高,小贯小绿叶蝉开始一年的危害,直至每年的 12 月中下旬。该试验中,在温度为 19 ~ 27℃ 时,小贯小绿叶蝉各龄期的成活率和内禀增长率均较高,随着温度继续上升,其成活率出现下降趋势,内禀增长率表现

与 27℃ 时一致,方差分析处于同一水平。综合所有结果得出该温度范围是最适宜小贯小绿叶蝉生长发育的温度。

茶园中小贯小绿叶蝉的种群数量在 7 月下旬至 8 月较低,9 月后数量又逐渐上升,推测小贯小绿叶蝉不喜高温。从结果可以看出,小贯小绿叶蝉的雌虫寿命为 6.48 ~ 24.10 d,持续时间较长,与田间观察的世代重叠严重结果一致。本试验中,在 15 ~ 30℃ 的温度范围内,小贯小绿叶蝉各龄发育历期均随温度升高而缩短,发育速率与温度呈明显正相关;而温度为 30℃ 时,净生殖率最小,各龄期死亡率较高,不利于小贯小绿叶蝉的生存,这与黄寿波等的研究结果<sup>[17]</sup>一致。

小贯小绿叶蝉产卵具有趋嫩习性,习惯将卵产于茶梢顶端 1 ~ 3 叶处的组织内,本试验提供小贯小绿叶蝉产卵的茶叶枝条是离体保湿的,容易干枯,在一定程度上影响了卵的正常孵化,推测该研究中小贯小绿叶蝉种群增长指数相对较低与枝条失水有关。在其他需要新鲜枝条的试验中,还需要逐渐改进试验方法,以提高卵的孵化率。同时,在试验中还要综合考虑湿度和光照条件,将人为影响因素降至最低。结果表明,温度在小贯小绿叶蝉生长发育过程中起关键因素。因此,研究其生长发育参数与温度之间的关系,可为茶园小贯小绿叶蝉的预测预报提供参考,也可为分析环境变化对其种群动态的影响提供理论依据。

参考文献:

[1] 王玉春,肖 斌,谢 奇,等. 陕西茶区小贯小绿叶蝉种群动态及寄主抗性[J]. 西北农业学报,2013,22(7):43-49.  
[2] 金 珊,孙晓玲,陈宗懋,等. 不同茶树品种对假眼小绿叶蝉的抗性[J]. 中国农业科学,2012,45(2):255-265.  
[3] Backus E A, Serrano M S, Ranger C M. Mechanisms of hopperburn: an overview of insect taxonomy, behavior, and physiology[J]. Annual Review of Entomology, 2005, 50(1):125-151.  
[4] 彭 萍,唐 敏,侯渝嘉,等. 黄板诱杀茶园黑刺粉虱及假眼小绿叶蝉效果及特性研究[J]. 西南农业学报,2010,23(1):87-90.

毛仪楠,邓百万.白茛病菌拮抗菌株的筛选及鉴定[J].江苏农业科学,2019,47(3):103-106.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.03.025

# 白茛病菌拮抗菌株的筛选及鉴定

毛仪楠<sup>1</sup>,邓百万<sup>1,2</sup>

(1.陕西理工大学生物科学与工程学院,陕西汉中 723000; 2.陕西省资源生物重点实验室,陕西汉中 723000)

**摘要:**从白茛根际土壤中筛选出对白茛根腐病有拮抗性的菌株,初步研究其抑菌作用,为白茛病害的生物防治提供参考依据。采用平板稀释法从白茛根际土壤中分离获得菌株,以白茛根腐病菌、白茛灰霉菌、白茛黑斑菌为靶标菌采用平板对峙法筛选出拮抗菌株;分别采用 16S rDNA 和 28S rDNA 序列分析方法鉴定拮抗细菌和真菌菌株的分类学地位。结果:共计从白茛栽培土壤中分离到 35 株细菌和 10 株真菌菌株,其中 8 株细菌和 6 株真菌对 4 种白茛致病菌表现较好的抑菌活性;经鉴定,细菌菌株大多数为芽孢杆菌,真菌为木霉属,BJ-135 为甲基营养型芽孢杆菌(*Bacillus methylotrophicus*),BJ-175 为枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*),BJ-2 为木霉(*Trichoderma asperellum*)。筛选出的菌株中有 5 株拮抗菌对 4 种白茛致病菌均有较好的抑菌活性,菌株 BJ-135、BJ-175、BJ-2 可用于生防菌剂开发,用于白茛病害防治。

**关键词:**白茛;根际微生物;致病菌;拮抗菌;抑菌活性

**中图分类号:**S182 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)03-0103-04

白茛[*Bletilla striata*(Thunb.) Reichb. f.]别称冰球子、地螺丝、知子、连及草等,为兰科白茛属多年生草本植物<sup>[1]</sup>,主要分布在我国秦岭以南地域,多生长在潮湿的环境之中,作为我国一种传统的中药材<sup>[2]</sup>,具有清热利湿、收敛止血、消肿生肌等功效,此外,白茛还很好的黏合剂和食品增稠剂,白茛应用广泛<sup>[2-3]</sup>,因此,在市场呈现出供不应求的状态,大量的人工采挖使得野生资源匮乏,于是出现了人工栽培,但在栽培过程中病害不断发生,严重地影响了白茛产业的健康发展。据统计,最常见且危害最严重的真菌性病害包括白茛根腐

病菌、白茛灰霉菌、白茛黑斑病菌。白茛根腐病主要侵染白茛的根部和叶片,造成根部软化腐烂、叶片褪绿变黄,萎蔫死亡。白茛根腐病致使白茛大面积减产、质量大幅度下降,造成了巨大的经济损失。

目前控制白茛根腐病的主要方法仍以化学杀菌剂为主,但由于化学杀菌剂容易出现抗药性和药物残留,不仅污染环境,还严重地威胁人体健康。随着人们对无公害食品需求的日益增加以及对环境保护的日益关注,生物防治成为了人们控制植物病害的理想途径<sup>[4-5]</sup>。因此,筛选出生物活性高、抗菌谱广的菌株具有重要的意义。目前国内外对番茄<sup>[6]</sup>、黄瓜<sup>[4,6]</sup>等植物生物防治的研究已经取得了较大的进展<sup>[4]</sup>,但对白茛病害的生物防治还罕有报道。本研究从白茛根际土壤中进行拮抗细菌和真菌的分离筛选,以 4 种常见的白茛致病菌为供试菌株,对所得菌株进行生理生化及分子生物学鉴定,探讨白茛根际土壤细菌和真菌对不同病原菌的拮抗作用,为解决白茛在栽培过程中的病害问题提供了初步的试验依据。

收稿日期:2018-09-06

基金项目:陕西省科技创新工程项目(编号:2016HBGC-07)。

作者简介:毛仪楠(1994—),女,陕西商洛人,硕士研究生,主要从事微生物资源保育研究。E-mail:178794736@qq.com。

通信作者:邓百万,硕士,教授,主要从事微生物资源保护与开发利用研究。E-mail:2210309868@qq.com。

[5]冉隆贵,谢震宇,肖 斌,等. 诱虫黄板对陕西茶区小贯小绿叶蝉及天敌蜘蛛的影响[J]. 西南农业学报,2016,29(11):2594-2597.

[6]张余杰,陈文龙,杨 琳,等. 小贯小绿叶蝉的化防农药及其抗性发展状况[J]. 农药,2017,56(4):239-245.

[7]Mu D, Cui L, Ge J, et al. Behavioral responses for evaluating the attractiveness of specific tea shoot volatiles to the tea green leafhopper, *Empoasca vitis*[J]. Science, 2012, 19(2):229-238.

[8]Yang H M, Xie S X, Wang L, et al. Identification of up-regulated genes in tea leaves under mild infestation of green leafhopper[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130(2):476-481.

[9]Reineke A, Hauck M. Larval development of *Empoasca vitis* and *Edwardsiana rosae* (Homoptera: Cicadellidae) at different temperatures on grapevine leaves [J]. Journal of Applied Entomology, 2012, 136(9):656-664.

[10]黄明星. 茶假眼小绿叶蝉卵发育起点及有效积温法研究[J]. 茶叶, 1989(2):34-35.

[11]张武扬,林明雄,张汉鹄. 茶小绿叶蝉生长发育与温度的关系[J]. 安徽农业大学学报, 1997, 24(4):12-15.

[12]张汉鹄,谭济才. 中国茶树害虫及其无公害治理[M]. 合肥:安徽科学技术出版社, 2004:244-250.

[13]李慧玲,林乃銓. 茶梢不同节位假眼小绿叶蝉的着卵量差异[J]. 茶叶科学技术, 2009(3):18-19.

[14]李典澳,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):184-186.

[15]冯 康. 数值计算方法[M]. 北京:国防工业出版社, 1978.

[16]张孝羲. 昆虫生态及预测预报[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社, 2001:77-83.

[17]黄寿波,金志凤. 茶树优质高产栽培与气象[M]. 北京:气象出版社, 2010:80-81.