

温度对茶银尺蠖成虫寿命和产卵量的影响

耿书宝^{1,2}, 侯贺丽¹, 张洁^{1,3}, 乔利^{1,2},
金银利^{1,2}, 尹健^{1,2}, 王国君^{1,2*}

(1. 信阳农林学院, 信阳 464399; 2. 河南省豫南农作物有害生物绿色防控院士工作站, 信阳 464399;
3. 甘肃农业大学, 兰州 730070)

摘要 为了探索温度对茶银尺蠖 *Scopula subpunctaria* 成虫寿命和产卵量的影响。本研究测定了茶银尺蠖成虫在 8 个温度 (13、16、19、22、25、28、31℃ 和 33℃) 下的寿命和产卵量。结果表明, 温度对茶银尺蠖单雌产卵量、成虫寿命和雌成虫产卵前期、产卵期、产卵后期均有显著影响。在 13、16、19、22、25、28、31℃ 和 33℃ 下, 其单雌产卵量分别为 (148.3±13.58)、(168.6±17.44)、(219.5±21.74)、(279.9±24.59)、(250.0±19.94)、(64.7±17.09)、(54.3±16.29)、(15.4±2.93) 粒。在 13~33℃ 范围内, 随着温度升高, 雌成虫寿命从 (33.9±1.97) d 缩短到 (10.8±0.45) d, 雄成虫寿命从 (23.8±1.14) d 缩短到 (8.1±0.34) d。在 31℃ 下, 雌雄成虫的寿命差异不显著, 其他温度处理时, 雄成虫寿命均显著短于雌成虫。雌成虫的产卵期在 13℃ 时为 (24.6±1.46) d, 当温度升高至 33℃ 时, 产卵期缩短到 (4.2±0.40) d。本研究可为茶银尺蠖的室内饲养、产卵模型的构建和其他相关基础研究提供重要的数据, 也可作为茶银尺蠖的田间种群数量增长、年发生代数 and 发生量预测预报提供重要参考依据。

关键词 茶银尺蠖; 温度; 产卵量; 寿命

中图分类号: S435.711 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020695

Effects of temperature on longevity and fecundity of *Scopula subpunctaria*

GENG Shubao^{1,2}, HOU Heli¹, ZHANG Jie^{1,3}, QIAO Li^{1,2}, JIN Yinli^{1,2}, YIN Jian^{1,2}, WANG Guojun^{1,2*}

(1. Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464399, China, 2. Henan Provincial South Henan Crop Pest Green Prevention and Control Academician Workstation, Xinyang 464399, China;
3. Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract In order to explore the effect of temperature on the longevity and fecundity of *Scopula subpunctaria*, the longevity and fecundity of *S. subpunctaria* were investigated at the condition of eight temperatures (13, 16, 19, 22, 25, 28, 31℃ and 33℃). The results showed that temperature had significant effects on fecundity of single female, adult life span, pre-oviposition, oviposition and post-oviposition period. The fecundity per female adult at 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31℃ and 33℃ were (148.3±13.58), (168.6±17.44), (219.5±21.74), (279.9±24.59), (250.0±19.94), (64.7±17.09), (54.3±16.29) and (15.4±2.93) eggs, respectively. Under the temperature ranged from 13℃ to 33℃, the longevity of female adults decreased from (33.9±1.97) d to (10.8±0.45) d, and the longevity of male adults from (23.8±1.14) d to (8.1±0.34) d. The longevity of female and male adults was not significantly different at 31℃, while the longevity of male adults was significantly shorter than that of female adults at other temperatures. As the increase of temperature, the oviposition period of female adults decreased from (24.6±1.46) d at 13℃ to (4.2±0.40) d at 33℃. This study can provide important data for indoor feeding, oviposition model construction and other related basic research of *S. subpunctaria*, and also provides an important theoretical basis for the prediction of field population growth, annual number and occurrence of generations of *S. subpunctaria*.

Key words *Scopula subpunctaria*; temperature; fecundity; longevity

收稿日期: 2020-12-25

修订日期: 2021-01-21

基金项目: 河南省自然科学基金(222300420269); 河南省留学人员科研择优资助项目; 信阳农林学院高水平科研孵化器建设基金(FCL202102); 信阳农林学院青年教师科研基金(QN2021028)

* 通信作者 E-mail: wangguojun339@126.com

茶银尺蠖 *Scopula subpunctaria* (Herrich-Schaeffer) 又名青尺蠖、白尺蠖^[1-2], 属鳞翅目 Lepidoptera 尺蛾科 Geometridae, 是茶树上常见的害虫之一。该虫食叶量大、繁殖速度快、发生面积广, 已知分布于吉、苏、浙、鲁、湘、鄂等省^[3-6]。幼虫喜欢停栖在叶片边缘, 咬食嫩叶边缘形成网状半透膜斑, 后期幼虫常将叶片咬食成较大且光滑的“C”形缺刻, 大发生时常会将整片茶园的茶叶吃光, 仅留主脉^[2], 严重影响茶叶的质量和产量。

关于茶银尺蠖的研究, 国内外主要报道了其生活习性、为害特点、防治方法、口器、触角和性腺超微结构、成虫羽化和交配习性、性信息素诱捕等方面^[1-9]。温度对茶银尺蠖成虫寿命和产卵量的影响还未见报道, 但温度对其他昆虫成虫寿命和产卵量的影响已有大量报道。李广伟等^[10]的研究表明, 在 19、22、25、28℃ 和 31℃ 下, 双斑长跗萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica* 雌成虫平均寿命明显长于雄成虫, 温度对雌成虫产卵前期、产卵期及产卵量也有影响。秦建洋等^[11]的研究表明, 温度对黏虫 *Mythimna separata* 种群的发育历期、存活率、繁殖力有明显的影响。段恒璐^[12]的研究表明, 随着温度升高, 白纹伊蚊 *Aedes albopictus* 存活时间和产卵量以及卵的成活率都呈现出先上升后下降的趋势。刘永华等^[13]的研究表明, 在 19~31℃ 范围内, 随着温度的升高, 栎黄枯叶蛾 *Trabala vishnou gigantina* 各虫态发育历期以及寿命逐渐缩短。本研究通过测定茶银尺蠖在 8 个不同温度下的成虫寿命和产卵量, 明确温度对其寿命和繁殖力的影响, 为茶银尺蠖的室内饲养、产卵模型的构建和其他相关基础研究提供重要数据, 也为茶银尺蠖的田间种群数量增长、年发生代数 and 发生量预测预报提供重要理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试虫源采自于河南省信阳市浉河区十三里桥乡小庙村茶园内(32°01'N, 113°59'E)。2019 年 3 月中旬至 4 月上旬, 在茶园中捕捉 30 对左右的茶银尺蠖成虫, 带回到信阳农林学院植物保护实验室的养虫室, 放于养虫笼(长×宽×高=50 cm×50 cm×

45 cm)中, 用脱脂棉蘸取 10% 蜂蜜水为其补充营养, 并及时更换蜂蜜水。饲养室温度(25±1)℃, 相对湿度(60±10)%。在装满水的三角瓶(300 mL)中插入 6~8 枝新鲜茶枝(长约 20 cm)作为茶银尺蠖成虫的产卵载体, 放入养虫笼内。每天用毛笔收集茶枝上的卵粒, 待卵孵化后, 放入一个新的养虫笼中, 饲喂新鲜茶叶, 根据情况及时添加新鲜茶叶。待幼虫化蛹之后, 将蛹单头放入三角瓶(300 mL)中, 并用 100 目纱布封住瓶口。等蛹羽化为成虫之后, 按照上述方法, 继续饲养下一代, 繁殖种群。

1.2 试验方法

在茶银尺蠖种群养虫笼中, 每天收集新鲜的卵粒。将同一天收集的 300~500 粒卵放入培养皿(直径 9 cm, 高 1.5 cm)中, 然后放入温度设定为 13、16、19、22、25、28、31℃ 和 33℃ 的人工气候箱(浙江托普云农, RTOP-310Y)中, 每个气候箱中相对湿度保持(75±5)%, 光周期为 L//D=14 h//10 h。每个温度下的卵孵化之后, 幼虫单头放入培养皿中, 用新鲜茶叶饲养, 茶叶的叶柄处用脱脂棉蘸水保湿, 每天根据情况及时添加新鲜茶叶。待幼虫化蛹之后, 将蛹单头放入三角瓶(300 mL)中, 并用 100 目纱布封住瓶口, 防止蛹羽化为成虫后逃逸。每个温度下均需从卵生长发育到成虫, 然后用于后续试验。茶银尺蠖在 33℃ 高温下只能从卵发育至预蛹阶段, 因此从种群笼中取一定数目的蛹放置在 33℃, 待蛹羽化为成虫后用于后续试验。在同一温度处理下, 羽化 24 h 之内的雌、雄成虫随机配对后放入透明圆柱管(亚克力材质, 直径 8 cm, 高 19 cm, 下称产卵管)中交配产卵。为保证产卵管通气, 用 100 目纱网粘住其顶部, 其底部扣在塑料培养皿(直径 9 cm, 高 1.5 cm)中。将一个 50 mL 的离心管粘在塑料培养皿中心, 将 1 枝新鲜茶枝插入离心管中, 然后在离心管内加水保湿, 茶枝供成虫产卵, 用 10% 蜂蜜水棉球给成虫补充营养。每个产卵管中放置一对成虫, 每天更换新鲜茶枝, 收集雌成虫产下的卵, 记录产卵量, 直至雌、雄成虫全部死亡。最后, 在 13、16、19、22、25、28、31℃ 和 33℃ 8 个温度下, 分别记录到 58、61、59、55、56、28、24、46 对成虫产卵数据, 这些成虫的产卵量和寿命用于后续的数据分析。

1.3 数据分析

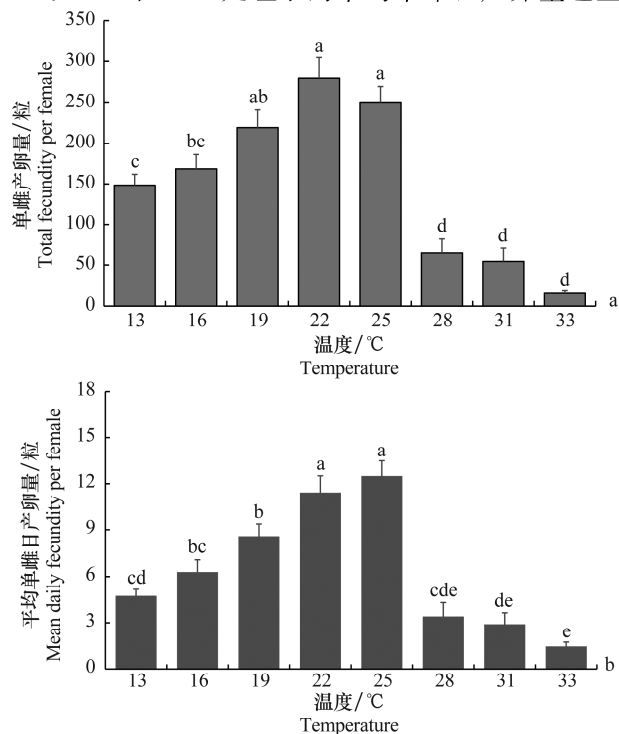
数据记录和分析处理使用 Excel 2016 和 SAS

9.3 软件^[14]。采用单因素方差分析 (One-way ANOVA) 比较不同温度处理下单雌日产卵量、总产卵量的差异显著性, 以及温度对产卵前期、产卵期、产卵后期和雌雄成虫寿命的显著影响, 显著水平 $\alpha = 0.05$, 不同处理间的均值比较用 SNK 检验^[14]。同一温度下雌、雄成虫寿命的差异显著性用成对 t 测验, 显著水平 $\alpha = 0.05$ ^[14]。

2 结果与分析

2.1 温度对茶银尺蠖雌成虫产卵量和产卵期的影响

温度对雌成虫单雌产卵量和平均单雌日产卵量均有显著影响 (图 1, $P < 0.0001$)。在 22℃ 和 25℃ 处理下, 雌成虫的单雌产卵量显著高于其他温度, 分别为 (279.9 ± 24.59) 粒和 (250.0 ± 19.94) 粒 (图 1a)。22℃ 和 25℃ 处理下的平均单雌日产卵量也显



产卵雌成虫数, 13℃: $N=58$; 16℃: $N=61$; 19℃: $N=59$; 22℃: $N=55$; 25℃: $N=56$; 28℃: $N=28$; 31℃: $N=24$; 33℃: $N=46$ 。相同小写字母表示不同温度处理间经 SNK 检验差异不显著 ($\alpha=0.05$)
Number of egg laying female adults, 13℃: $N=58$; 16℃: $N=61$; 19℃: $N=59$; 22℃: $N=55$; 25℃: $N=56$; 28℃: $N=28$; 31℃: $N=24$; 33℃: $N=46$ 。Same lowercase letters indicate insignificant difference among different temperature treatments using SNK test ($\alpha=0.05$)

图 1 温度对茶银尺蠖雌成虫单雌产卵量(a)和平均单雌日产卵量(b)的影响

Fig. 1 Effect of temperature on total fecundity per female (a) and mean daily egg production per female (b) of *Scopula subpunctaria*

著高于其他温度, 分别为 (11.4 ± 1.09) 粒和 (12.5 ± 0.99) 粒 (图 1b)。高温 33℃ 下的单雌产卵量和平均单雌日产卵量均最低, 分别为 (15.4 ± 2.93) 粒和 (1.5 ± 0.29) 粒 (图 1)。

在不同温度处理下, 茶银尺蠖雌成虫单雌日产卵量均呈现正偏态分布 (图 2), 成虫产卵集中在生命前期, 后期产卵量迅速下降。每个温度处理下的单雌日产卵量高峰期不同, 13℃ 的产卵高峰期在第 12 天, 为 (10.7 ± 2.06) 粒、16℃ 的高峰期在第 10 天, 为 (12.2 ± 2.00) 粒、19℃ 的高峰期在第 9 天, 为 (17.8 ± 2.77) 粒、22℃ 的高峰期在第 8 天, 为 (23.2 ± 2.87) 粒、25℃ 的高峰期在第 6 天, 为 (25.1 ± 4.09) 粒、28℃ 的高峰期在第 8 天, 为 (8.1 ± 3.05) 粒、31℃ 的高峰期在第 10 天, 为 (7.8 ± 3.26) 粒、33℃ 的高峰期在第 6 天, 为 (4.1 ± 1.09) 粒 (图 2)。

雌成虫产卵前期、产卵期和产卵后期在不同温度处理下存在显著差异 (图 3, $P < 0.05$)。25℃ 处理下, 雌成虫的产卵前期最短, 为 (3.3 ± 0.35) d。随着温度升高, 雌成虫的产卵期从 13℃ 的 (24.6 ± 1.46) d 缩短到 33℃ 的 (4.2 ± 0.40) d (图 3)。

2.2 温度对茶银尺蠖成虫寿命的影响

温度对茶银尺蠖雌、雄成虫的寿命均有显著的影响 (图 4, $P < 0.0001$)。在 13~33℃ 范围内, 随着温度升高, 雌成虫寿命从 (33.9 ± 1.97) d 缩短到 (10.8 ± 0.45) d, 雄成虫寿命从 (23.8 ± 1.14) d 缩短到 (8.1 ± 0.34) d (图 4)。在 31℃ 下, 雌、雄成虫寿命无显著差异, 但在其他温度下, 雌成虫寿命均显著高于雄成虫 (图 4, $P < 0.05$)。

2.3 温度对茶银尺蠖成虫存活率的影响

相同温度处理时, 茶银尺蠖雌雄成虫的存活率曲线也比较相似, 但相同日龄下雌成虫的存活率要高于雄成虫 (图 5)。在 13℃ 和 16℃ 的低温处理下, 雌成虫的存活率要高于其他温度处理, 其存活率曲线缓慢下降。在 13℃, 有 50% 的成虫个体可存活 33 d。在 33℃ 高温处理下, 雌成虫的存活率曲线陡然下降, 前期成虫死亡率很高 (图 5)。在 13~33℃ 内, 随着温度升高, 同一日龄下的成虫存活率逐渐降低, 温度影响成虫的寿命, 也影响成虫的存活率。

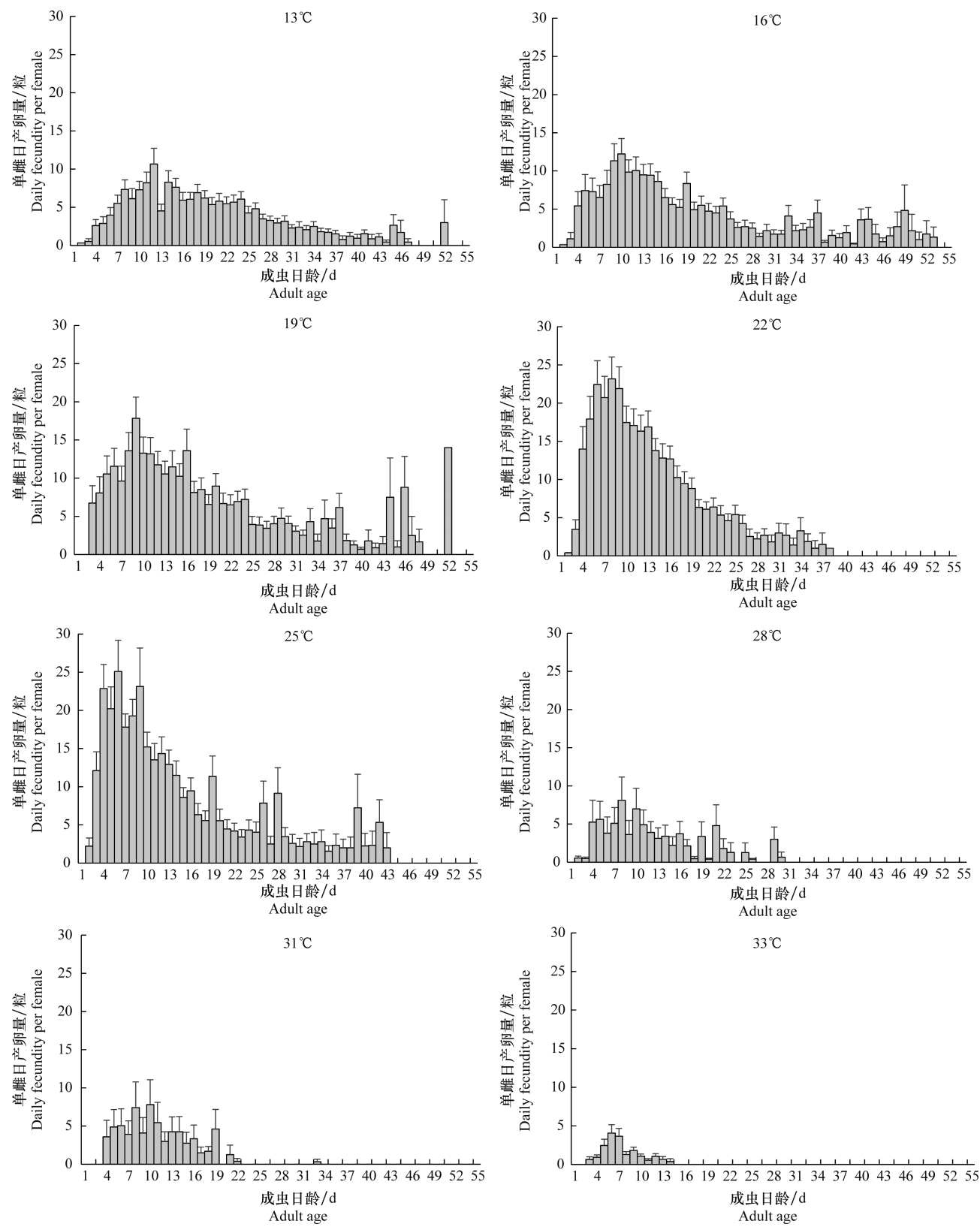
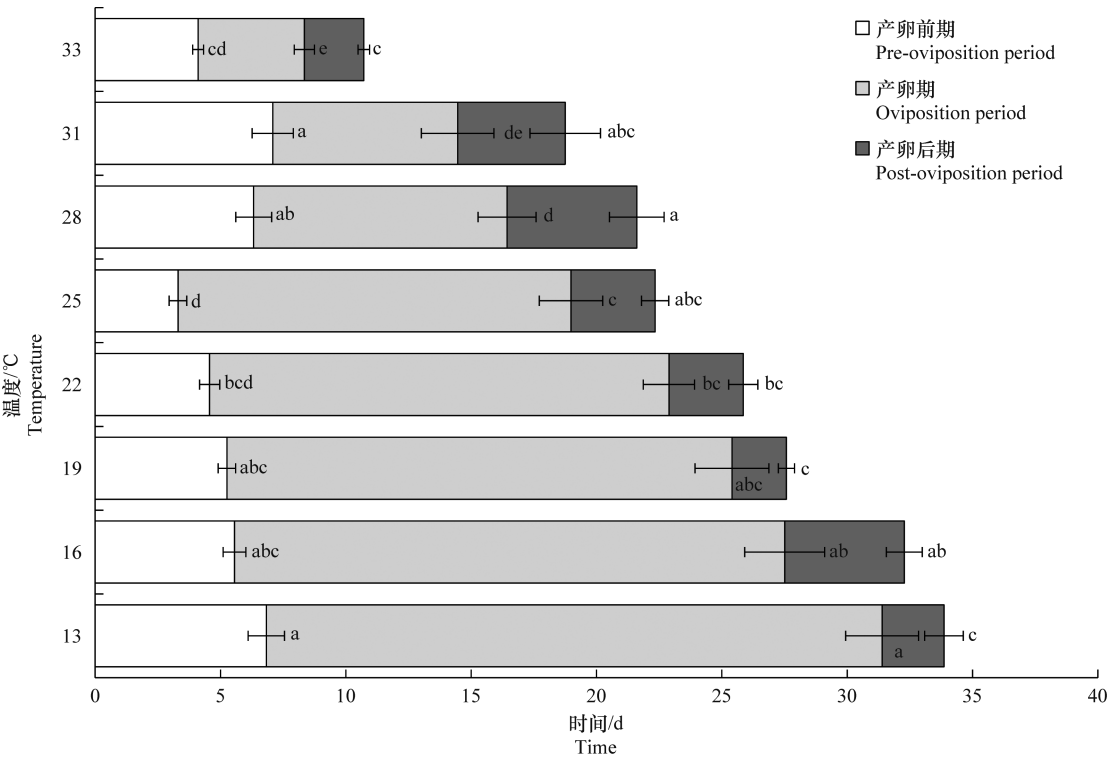


图 2 不同温度下茶银尺蠖的单雌逐日产卵量(平均值±标准误)

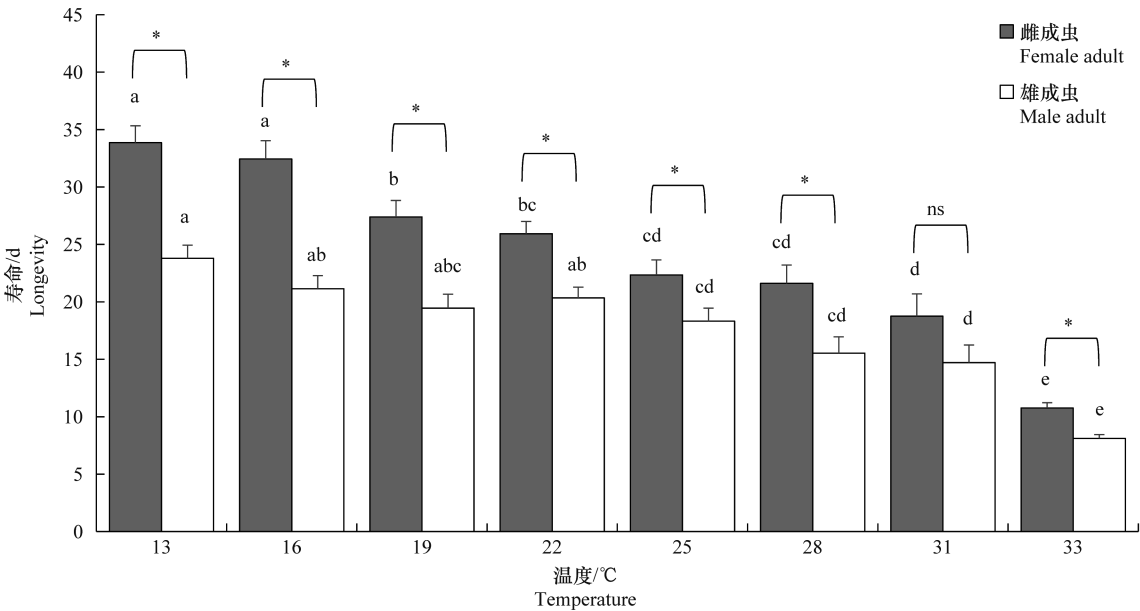
Fig. 2 Daily fecundity per female of *Scopula subpunctaria* at different temperatures (mean±SE)



对应同一图例的柱子上标有相同小写字母者表示经SNK检验在0.05水平上差异不显著
Same letters on bars of same legend indicate insignificant difference at 0.05 level according to SNK test

图 3 温度对茶银尺蠖雌成虫产卵前期、产卵期和产卵后期的影响

Fig. 3 Effects of temperature on pre-oviposition, oviposition and post-oviposition periods of *Scopula subpunctaria* female adults



对应同一图例的柱子上标有相同小写字母表示不同温度处理间差异不显著($\alpha=0.05$)。ns和*分别表示雌雄成虫之间的寿命(同一温度下)无显著差异和存在显著差异($\alpha=0.05$)
Same lowercase letters on the bars of same legend indicate there are no significant differences between different temperature treatments ($\alpha=0.05$). ns and * indicate the longevities of females and males are not significantly different and significantly different ($\alpha=0.05$), respectively

图 4 温度对茶银尺蠖成虫寿命的影响

Fig. 4 Effect of temperature on the longevities of *Scopula subpunctaria* adults

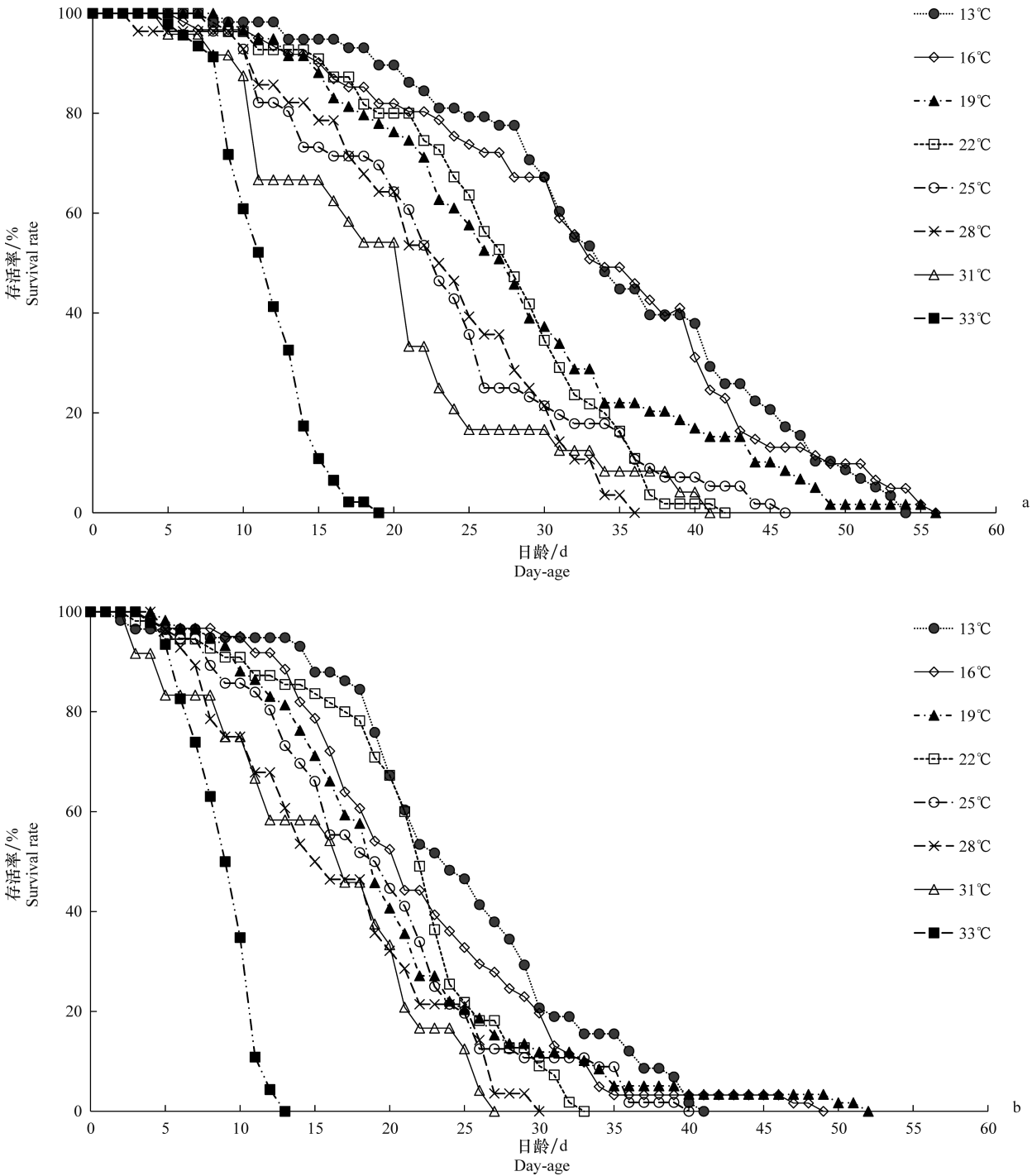


图 5 不同温度下茶银尺蠖雌成虫(a)和雄成虫(b)的存活率

Fig. 5 Survival rates of female (a) and male (b) adults of *Scopula subpunctaria* at different temperatures

3 结论与讨论

本文报道了不同温度条件下茶银尺蠖成虫的寿命和产卵量,阐明了温度对茶银尺蠖成虫的寿命、产卵量、产卵前期、产卵期和产卵后期有显著影响。在 13~33℃ 范围内,随着温度升高,雌成虫寿命从

(33.9±1.97) d 缩短到(10.8±0.45) d,雄成虫寿命从(23.8±1.14) d 缩短到(8.1±0.34) d。在多数温度处理下,雌成虫寿命均显著高于雄成虫。随着温度升高,雌成虫的产卵期从 13℃ 下的(24.6±1.46) d 缩短到 33℃ 下的(4.2±0.40) d。在 22℃ 下,单雌产卵量最高,为(279.9±24.59)粒;在 25℃ 下,平均单雌日

产卵量最高,为(12.5±0.99)粒。温度过高或过低均不利于茶银尺蠖成虫产卵和存活,22~25℃是有利于茶银尺蠖生存和繁殖的最适温区。

温度是影响昆虫生长发育及繁殖的重要因素之一。目前国内已经有大量关于温度影响昆虫的生长发育、生存及繁殖、昆虫种群的数量动态变化等的报道^[15-21]。学者们研究了温度对大造桥虫 *Ascotis selenaria*^[15]、小菜蛾 *Plutella xylostella*^[16]、梨小食心虫 *Grapholitha molesta*^[17]、番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta*^[18]、草地螟 *Loxostege sticticalis*^[19]、苜蓿夜蛾 *Heliothis virescens*^[20]等昆虫生长发育、产卵量、寿命的影响,发现昆虫发育速率与温度基本呈正相关,温度显著影响成虫的产卵量和寿命,这与本研究的结论一致。

不同种类的昆虫对温度的适应范围不尽相同,极端温度会影响昆虫对温度的敏感度,从而影响昆虫耐热或耐寒性的进化,导致物种不同的地理分布^[21]。在适宜温区(15.6~32.5℃),不同种类的昆虫生长发育和产卵的最适温度也不一样^[22-29]。大部分昆虫种类产卵最适温度集中在25℃左右,比如番茄潜叶蛾^[18]、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*^[24]和点蜂缘蝽 *Riptortus clavatus*^[25]均在25℃下产卵量最高,梨小食心虫^[17]最高单雌产卵量分别在27℃和26℃。也有些昆虫在高温下产卵量比较高,比如中稻缘蝽 *Leptocoris chinensis*在28.0℃^[26]、悬铃木方翅网蝽 *Corythucha ciliata*在30℃^[27]、茶翅蝽 *Halyomorpha halys*在30.3℃^[28]、大造桥虫在31℃^[15]、*Amphibolus venator*在35℃^[29]下的产卵量最高。此外,还有些昆虫在低于25℃下产卵比较多,金纹细蛾 *Phyllonorycter ringoniella*在15.6℃下的产卵量最高^[22],竹节虫 *Ramulus irregulariterdentatus*在23.5℃下的产卵量最高^[23],这点与本研究的发现类似,本研究结果表明茶银尺蠖在22℃下单雌产卵量最高。

此外,温度不仅对昆虫的产卵量、产卵期、寿命和存活率有影响,而且对昆虫的酶活力、生殖交配及飞行等方面也有显著影响^[30-33]。昆虫的生长发育、繁殖、种群发生的过程中不仅会受到温度的影响,同时还会受到湿度、光周期、食料以及天敌等其他因素的影响^[34-37]。本研究只探索了温度对茶银尺蠖成虫产卵和寿命的影响,其他因子诸如湿度、光周期、营养等对其生长发育和繁殖的影响还需进一步研究。

本文报道了不同温度对茶银尺蠖成虫寿命和产卵量的影响,明确了成虫繁殖的最适温度,为茶银尺

蠖的室内饲养、产卵模型的构建和其他相关基础研究提供了试验数据,也为茶银尺蠖的田间种群数量增长、年发生代数和发生量预测预报提供了重要理论依据。

参考文献

- [1] 张伟,沈丽,蒋凡,等.四川省2009年茶银尺蠖爆发原因及防治[J].四川农业科技,2009(8):38-39.
- [2] 郭华伟,罗宗秀.茶园中的青色拱拱虫——茶银尺蠖[J].中国茶叶,2019,41(9):15-16.
- [3] 胡文静,陈文龙,韦卫.二个不同发育阶段茶银尺蠖雌蛾性腺超微结构的比较研究[J].应用昆虫学报,2011,48(6):1786-1791.
- [4] 胡文静,陈文龙,韦卫,等.茶银尺蠖雄蛾触角的扫描电镜观察[J].昆虫知识,2010,47(5):938-940.
- [5] 张建强,姚艳.青尺蠖生长发育特性及危害损失测定[J].蚕学通讯,1997(2):13-17.
- [6] 高剑龙,张炯森,唐燕玲.信息素诱捕器对茶银尺蠖的诱捕试验[J].现代化农业,2016(12):44-45.
- [7] 佚名.茶银尺蠖研究初报[J].茶叶科技简报,1977(7):9-12.
- [8] MA Tao, SHI Xinhui, LIN Na, et al. Temporal pattern of adult emergence and sexual behavior of *Scopula subpunctaria* (Lepidoptera: Geometridae) [J]. Phytoparasitica, 2019, 47(1): 17-29.
- [9] 张方梅,洪枫,潘鹏亮,等.2种尺蠖成虫口器感器超微结构的观察[J].河南农业科学,2019,48(5):85-90.
- [10] 李广伟,陈秀琳,张建萍,等.温度对双斑长跗萤叶甲成虫寿命及繁殖的影响[J].昆虫知识,2010,47(2):322-325.
- [11] 秦建洋,张蕾,程云霞,等.不同温度下东方粘虫年龄-阶段两性实验种群生命表的构建[J].植物保护学报,2017,44(5):729-736.
- [12] 段恒璐.白纹伊蚊成蚊在不同温度条件下生存繁殖能力变化研究[D].北京:中国疾病预防控制中心,2017.
- [13] 刘永华,阎雄飞,温冬梅,等.温度对栎黄枯叶蛾生长发育及繁殖的影响[J].昆虫学报,2016,59(3):309-315.
- [14] SAS Institute. SAS/STAT user's guide: Statistics, version 9.3 [M]. SAS Institute, Cary, N. C. USA, 2013.
- [15] 史树森,崔娟,徐伟,等.温度对大造桥虫生长发育和繁殖的影响[J].中国油料作物学报,2015,37(5):707-712.
- [16] 刘芸,阮传清,刘波,等.温度对小菜蛾成虫繁殖和寿命的影响[J].中国农学通报,2013,29(12):190-193.
- [17] 鲍晓文,房爱省,仵均祥,等.短期高温对梨小食心虫成虫生殖及寿命的影响[J].果树学报,2019,36(4):486-492.
- [18] 李栋,李晓维,马琳,等.温度对番茄潜叶蛾生长发育和繁殖的影响[J].昆虫学报,2019,62(12):1417-1426.
- [19] 罗礼智,李光博.温度对草地螟成虫产卵和寿命的影响[J].昆虫学报,1993(4):459-464.
- [20] CUI Juan, ZHU Shiyu, BI Rui, et al. Effect of temperature on the development, survival, and fecundity of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2018, 111(4): 1940-1946.

- [21] BUCKLEY L B, HUEY R B. How extreme temperatures impact organisms and the evolution of their thermal tolerance [J]. Integrative and Comparative Biology, 2016, 56(1): 98 - 109.
- [22] GENG Shubao, JUNG C. Effect of temperature on longevity and fecundity of *Phyllonorycter ringoniella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and its oviposition model [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2017, 20(4): 1294 - 1300.
- [23] LEE J, BAEK S, KANG C, et al. Temperature-dependent development and oviposition models of *Ramulus irregulariterdentatus* (Phasmida: Phasmatidae) [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2018, 21(3): 903 - 913.
- [24] NOOR-UL-ANE M, KIM D S, ZALUCKI M P. Fecundity and egg laying in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): model development and field validation [J]. Journal of Economic Entomology, 2018, 111(5): 2208 - 2216.
- [25] KIM H, BAEK S, KIM S J, et al. Temperature-dependent development and oviposition models of *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Hemiptera: Alydidae) [J]. Applied Entomology and Zoology, 2009, 44(4): 515 - 523.
- [26] KIM H, BAEK S, LEE J H. Temperature-dependent development and oviposition models of *Leptocoris chinensis* Dallas (Hemiptera: Alydidae) [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2017, 21(1): 244 - 251.
- [27] JU Ruiting, WANG Feng, LI Bo. Effects of temperature on the development and population growth of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* [J/OL]. Journal of Insect Science, 2011, 11(1): 16. DOI: 10.1673/031.011.0116.
- [28] BAEK S, HWANG A, KIM H, et al. Temperature-dependent development and oviposition models of *Halymorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2017, 20(2): 367 - 375.
- [29] NISHI A, TAKAHASHI K. Effects of temperature on oviposition and development of *Amphibolus venator* (Klug) (Hemiptera: Reduviidae), a predator of stored product insects [J]. Applied Entomology and Zoology, 2002, 37(3): 415 - 418.
- [30] 乔利, 秦道正, 卢兆成, 等. 温度对茶小绿叶蝉成虫存活率及保护酶系的影响[J]. 植物保护学报, 2015, 42(2): 223 - 228.
- [31] BERGER D, WALTERS R J, GOTTHARD K. What limits insect fecundity? Body size- and temperature-dependent egg maturation and oviposition in a butterfly [J]. Functional Ecology, 2008, 22(3): 523 - 529.
- [32] 王竑晟. 温度和营养对甜菜夜蛾生殖的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2003.
- [33] 唐继洪, 程云霞, 罗礼智, 等. 蛾龄、温度和相对湿度对草地螟自主飞行能力的影响[J]. 植物保护, 2016, 42(2): 79 - 83.
- [34] 戴钊萱, 李子园, 田耀加, 等. 不同品种玉米对草地贪夜蛾生长发育及繁殖的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(10): 3273 - 3281.
- [35] 苏湘宁, 李传瑛, 黄少华, 等. 草地贪夜蛾人工饲料及饲养条件的优化[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(5): 992 - 998.
- [36] 邸宁, 魏瑜岭, 王甦, 等. 米蛾人工饲养技术优化[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(6): 831 - 837.
- [37] 耿书宝, 侯贺丽, 贺雨婧, 等. 补充营养对茶银尺蠖成虫寿命和产卵量的影响[J]. 茶叶科学, 2020, 40(4): 501 - 509.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 117 页)

- [16] 吴永宁, 刘沛, 孙金芳, 等. 膳食暴露评估技术与总膳食研究 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2019: 28 - 33.
- [17] 中华人民共和国农业农村部. 食品中农药残留风险评估指南 [EB/OL]. (2015 - 10 - 08) [2021 - 04 - 08]. http://www.zzys.moa.gov.cn/gzdt/201510/t20151012_6310013.htm.
- [18] 国家卫生计生委疾病预防控制局. 中国居民营养与慢性病状况报告(2015年)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015.
- [19] WHO/FAO. Global Environment Monitoring System (GEMS) / Food Contamination Monitoring and Assessment Programme [DB/OL]. (2019 - 11 - 10) [2021 - 04 - 08]. <https://www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/databases/global-environment-monitoring-system-food-contamination>.
- [20] European Commission, Directorate-General for Health and Food Safety. Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticides residues analysis in food and feed; EU SANTE/11945/2015 [S]. 2015.
- [21] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 中华人民共和国农业农村部, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准食品中农药最大残留限量: GB 2763-2019 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2019.
- [22] Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR). List of pesticides evaluated by JMPR and JMPS - A [EB/OL]. (2021 - 01 - 25) [2021 - 04 - 08]. <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/lpe/en/>.
- [23] 杨庆喜, 李东阳, 纪明山, 等. 喷雾和灌根施药后吡虫啉在草莓植株中的分布及其对草莓蚜虫的防效[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 250 - 254.
- [24] 郎立宁. 吡虫啉种衣剂对小麦蚜虫的防效及其在小麦上的消解动态[D]. 保定: 河北农业大学, 2014.
- [25] DIONISIO A C, RATH S. Abamectin in soils: analytical methods, kinetics, sorption and dissipation [J]. Chemosphere, 2016, 151: 17 - 29.
- [26] 王松. 几种药剂对温室芹菜根结线虫病的防治效果[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(1): 66 - 67.
- [27] FANG Liping, ZHANG Shuqiu, CHEN Zilei, et al. Risk assessment of pesticide residues in dietary intake of celery in China [J]. Regulatory Toxicology & Pharmacology, 2015, 73(2): 578 - 586.
- [28] 中华人民共和国国务院. 农药管理条例[EB/OL]. (2017 - 04 - 05) [2021 - 04 - 08]. http://www.moa.gov.cn/gk/zcfg/xzfg/201704/t20170405_5549362.htm.

(责任编辑: 杨明丽)