



宋米霞, 刘长仲, 刘爱萍, 韩海斌, 甘霖, 李正, 梁颖. 温度对六斑平颜蚜蝇种群生长发育及繁殖的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (6): 1432 - 1438.

温度对六斑平颜蚜蝇种群生长发育及繁殖的影响

宋米霞^{1,2}, 刘长仲^{1*}, 刘爱萍^{2*}, 韩海斌², 甘霖³, 李正⁴, 梁颖⁵

(1. 甘肃农业大学植物保护学院/甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室, 兰州 730070; 2. 中国农业科学院草原研究所, 呼和浩特市 010010; 3. 阿拉善盟科技信息研究所, 内蒙古阿拉善盟 750399; 4. 内蒙古沙漠肉苁蓉有限公司, 内蒙古阿拉善盟 750399; 5. 阿拉善左旗城市管理局, 内蒙古阿拉善盟 750300)

摘要: 六斑平颜蚜蝇 *Eumerus seximaculatum* Huo & Liu 是一种对肉苁蓉造成毁灭性危害的蛀茎害虫, 本研究旨在探索温度对六斑平颜蚜蝇生长发育及繁殖影响, 为其预测预报和防治提供依据。在室内测定了六斑平颜蚜蝇在 16、20、24、28 和 32℃ 5 个恒温处理下各发育阶段的发育历期、存活率、繁殖力以及种群增长指数。结果表明, 在 16~32℃ 恒温范围内, 六斑平颜蚜蝇均能完成整个世代, 各虫态的发育历期随着温度升高逐渐缩短; 而存活率、繁殖力、种群增长指数随着温度升高先增多后减少。28℃ 时世代存活率、每雌平均产卵量、预计下一代产虫数、种群趋势指数均最大, 分别为 66.67%、150.77 粒、2 277.25 头、34.68, 说明 28℃ 为六斑平颜蚜蝇种群增长的最适宜温度。

关键词: 六斑平颜蚜蝇; 温度; 生长发育; 繁殖

中图分类号: Q965; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 06-1432-07

Effects of different temperatures on the growth, development and reproduction of *Eumerus seximaculatum*

SONG Mi-Xia^{1,2}, LIU Chang-Zhong^{1*}, LIU Ai-Ping^{2*}, HAN Hai-Bing², GAN Lin³, LI Zheng⁴, LIANG Ying⁵ (1. College of Plant Protection, Gansu Agricultural University/Biocontrol Engineering Laboratory of Crop Diseases and Pests of Gansu Province, Lanzhou 730070, China; 2. Institute of Grassland Research of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Wulanchabu East Road 120, Hohhot 010010, China; 3. Alxa Institute of Science and Technology Information, Alxa 750399, Inner Mongolia, China; 4. Inner Mongolia Desert Cistanche Co., Ltd., Alxa 750399, Inner Mongolia, China; 5. Alxa left banner city administration, Alxa 750300, Inner Mongolia, China)

Abstract: The *Cistanche deserticol* stem borer, *Eumerus seximaculatum*, is a devastating pest, causing severe damage to *Cistanche deserticol* industry. In this study, the effects of temperature on the growth, development and reproduction of *E. seximaculatum* were studied in order to provide the basic information for prediction and prevention. The developmental duration, survival rate and population trend index of *E. seximaculatum* were measured under 5 constant temperature. The results showed that the whole generation could be completed and the duration of different developmental stages was gradually shortened

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFD0201000); 国家重点研发计划项目 (2017YFE0104900); 阿拉善盟科技计划项目“肉苁蓉及寄主植物害虫绿色防控技术研发应用”及“肉苁蓉病虫害防治技术研究”

作者简介: 宋米霞, 女, 汉族, 内蒙古丰镇市人, 硕士研究生, 主要从事农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: songmixia@163.com

* 通讯作者 Author for corresponding: 刘长仲, 教授, 主要从事昆虫生态、害虫生物防治、有害生物综合治理等方面的研究, E-mail: liuchzh@gsau.edu.cn; 刘爱萍, 研究员, 研究方向为昆虫学与害虫生物防治, E-mail: liuaiping806@sohu.com

收稿日期 Received: 2020-03-01; 接受日期 Accepted: 2020-05-18

as the temperature rose, but the survival rate, fecundity and population trend index increased first, and then decreased with the increase temperature within the constant temperatures ranging from 16 to 32°C. At 28°C, the generation survival rate, the average number of eggs per female, estimated number of adults of next generation, and the population trend index were all the largest, which were 66.67%, 150.77, 2 277.25 and 34.68 respectively. It indicates that 28°C is the optimum temperature for the population growth of *E. seximaculatum*.

Key words: *Eumerus seximaculatum*; temperature; growth and development; reproduction

肉苁蓉 *Cistanche deserticol* Y. C. Ma 又名苁蓉、大芸、精笋、地精 (张勇等, 1993), 为列当科 Orobanchaceae 多年生寄生草本植物, 主要寄生于梭梭 *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge 和白梭梭 *Haloxylon persicum* (Bunge ex Boiss & Buhse) 根系的特定部位 (国家药典委员会, 2010)。肉苁蓉在我国已有超过 2000 多年药用历史, 素有“沙漠人参”之美誉 (苗鑫, 2017)。现代药理学的研究表明, 它含有多种药用成分, 其中毛蕊花糖苷和松果菊苷等苯乙醇苷类化合物为补肾阳、抗疲劳、抗衰老的主要药效成分 (赵微, 2013); 多糖具增强机体的免疫机能 (李莉, 2017); 半乳糖醇为润肠通便的主要药效成分 (张百舜, 2003); 甜菜碱为保肝作用的活性物质 (龚立冬, 2007)。

肉苁蓉性温、味甘咸, 常以干燥带鳞叶的肉质茎入药 (杨翠平和苏薇薇, 2001)。在对内蒙古阿拉善盟肉苁蓉调查期间, 新发现肉苁蓉肉质茎上一种蛀茎害虫——六斑平颜蚜蝇 *Eumerus seximaculatum* Huo & Liu。六斑平颜蚜蝇隶属于双翅目 Diptera, 食蚜蝇科 Syrphidae, 平颜蚜蝇属 *Eumerus*, 以幼虫对肉苁蓉造成危害, 其发生普遍且危害严重, 可将整株肉苁蓉的肉质茎蛀空, 只残留有蛀满虫粪的蛀道及一些纤维组织, 严重影响阿拉善当地肉苁蓉的产量和品质。

温度是影响昆虫定殖、发生数量、地理分布、生活史及种群动态的重要环境因子之一 (Taylor, 1981; Wallner, 1987)。因此明确温度对我国肉苁蓉上新发现的六斑平颜蚜蝇种群生长发育及繁殖的影响, 将会对该蝇的预测预报以及防治具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试虫源

供试虫源采自内蒙古阿拉善右旗板滩井, 将

被蛀食的肉苁蓉茎秆同幼虫带回实验室饲养。将其放入养虫盒 (长 × 宽 × 高 = 22 cm × 15 cm × 7 cm)。饲养条件为: 温度 28°C, 相对湿度为 30%, 光周期为 L:D = 14 h:10 h。

1.1.2 仪器

人工气候箱 (MGC-350HP 型, 上海一恒科学仪器有限公司), 体式显微镜 (SZ2-ILST 型, 奥林巴斯), 分析天平 (ME204 型, 奥林巴斯), 蜂蜜 (花神牌, 内蒙古花神蜂产品有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 不同温度下六斑平颜蚜蝇发育历期观察

在人工气候箱内设置 16、20、24、28 和 32°C (温度波动度 ±1°C) 5 个温度梯度, 光照为 L:D = 14 h:10 h, 相对湿度为 30% ±5%。取 28°C 时六斑平颜蚜蝇 12 h 内产的卵放于干净的培养皿 (d = 15 cm) 并用保鲜膜封口, 每个处理取卵 100 粒, 各设置 3 个重复。每日观察 2 次 (08:00、20:00), 记录在不同温度下卵孵化时间、孵化率以及存活情况。将初孵幼虫从培养皿挑出, 置于放有新鲜肉苁蓉的塑料盒 (直径 × 高 = 5 cm × 7 cm) 进行单头饲养。每日记录幼虫、预蛹、蛹和成虫的存活情况和发育历期。待成虫羽化, 将同一日羽化的未交配的雌雄成虫进行配对 (♀:♂ = 1:1) 并置于透明塑料杯 (上口直径 × 下口直径 × 高 = 70 mm × 52 mm × 70 mm) 中, 在杯口罩上缝有脱脂棉球的纱布, 在脱脂棉上滴 10% 蜂蜜水, 隔日换一次棉球, 观察并记录成虫产卵的时间、每天的产卵量以及存活率等情况, 直至成虫全部死亡。

1.2.2 发育速率与温度关系的数学模型的拟合

参照 Davidson (Davidson, 1994) 的方法, 利用线性模型和非线性模型 (Logistic 模型) 对六斑平颜蚜蝇在 5 个恒温处理下的发育速率与温度之间的关系进行拟合, 通过 R² 对拟合程度进行比较分析, 从而筛选出最合适的模型。

线性模型: $V(T) = a + bT$

Logistic 模型: $V(T) = K / [1 + a \exp(bT)]$

式中, a, b, K 均为模型参数, T 为环境温

度, V 为发育速率。

1.2.3 发育起点温度与有效积温的计算

参照直线回归法 (张孝羲, 1994), 计算六斑平颜蚜蝇在 5 个恒温处理下各发育阶段的发育起点温度和有效积温。

计算公式如下:

$$T = C + KT$$

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

式中, T 为环境温度, C 为发育起点温度, K 为有效积温, V 为发育速率 (发育历期的倒数), n 为试验温度组数。

1.2.4 实验种群生命表的构建

根据 5 个恒温处理下六斑平颜蚜蝇各虫态的存活率及成虫繁殖力数据, 组建六斑平颜蚜蝇在不同温度下的实验种群生命表, 计算预计下一代产虫数及种群趋势指数 I (梅增霞等, 2004; 林玉英等, 2018)。

存活率 = 进入下一代虫数 / 当代起始虫数;

预计下一代产虫数 = 该温度下雌成虫存活数 × 平均产虫量;

种群趋势指数: $I = N_{n+1} / N_n$

式中 N_{n+1} 为下一代产虫数, N_n 为当代起始虫数。

当 $I > 1$, 下一代种群数量将会增加; 当 $I < 1$, 下一代种群数量将会减少。

1.3 数据处理

本试验的所有数据均采用 EXCEL 及 DPS14.5 软件进行处理, 采用 Duncan 氏新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 温度对六斑平颜蚜蝇发育历期影响

六斑平颜蚜蝇在 5 个恒温处理下各发育阶段的发育历期见表 1, 六斑平颜蚜蝇各发育阶段的历期与温度关系呈负相关, 均随温度升高而缩短。在 16~32℃ 温度范围内均可完成整个世代, 世代历期分别为 67.67 ± 0.09 d、46.54 ± 0.06 d、37.88 ± 0.09 d、28.94 ± 0.05 d 和 28.03 ± 0.02 d。在 32℃ 时, 六斑平颜蚜蝇的卵、幼虫 (1st~4th)、预蛹、蛹以及产卵前期的发育历期均最短, 分别为 1.94 ± 0.01 d、18.55 ± 0.01 d、2.05 ± 0.06 d、7.54 ± 0.02 d、0.82 ± 0.06 d, 而在 16℃ 时六斑平颜蚜蝇各虫态的发育历期均又达到最长, 分别为 6.65 ± 0.02 d、5.78 ± 0.17 d、6.25 ± 0.05 d、25.24 ± 0.05 d、10.45 ± 0.15 d。

表 1 六斑平颜蚜蝇在不同温度下的发育历期

Table 1 Durations of *Eumerus seximaculatum* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	发育历期 (d) Developmental duration				
	16℃	20℃	24℃	28℃	32℃
卵 Egg	6.65 ± 0.02 a	5.02 ± 0.02 b	3.43 ± 0.02 c	2.19 ± 0.05 d	1.94 ± 0.01 e
幼虫 1 龄 1 st instar	7.27 ± 0.03 a	5.89 ± 0.01 b	4.72 ± 0.02 c	4.40 ± 0.02 d	4.23 ± 0.03 e
Larve 2 龄 2 nd instar	7.26 ± 0.06 a	5.69 ± 0.05 b	4.99 ± 0.02 c	4.31 ± 0.04 c	3.55 ± 0.03 d
3 龄 3 rd instar	7.49 ± 0.01 a	6.34 ± 0.02 b	5.45 ± 0.01 c	4.39 ± 0.02 d	4.27 ± 0.06 e
4 龄 4 th instar	13.24 ± 0.08 a	9.56 ± 0.03 b	8.05 ± 0.02 c	6.65 ± 0.03 d	6.41 ± 0.06 e
幼虫期 Larve stage	35.78 ± 0.17 a	29.11 ± 0.07 b	24.78 ± 0.07 c	18.76 ± 0.02 d	18.55 ± 0.01 d
预蛹 Prepupa	6.25 ± 0.05 a	4.13 ± 0.02 b	3.04 ± 0.02 c	2.45 ± 0.03 d	2.05 ± 0.06 e
蛹 Pupa	25.24 ± 0.05 a	12.41 ± 0.02 b	9.67 ± 0.01 c	8.00 ± 0.01 d	7.54 ± 0.02 e
产卵前期 Preoviposition stage	10.45 ± 0.15 a	8.73 ± 0.07 b	3.72 ± 0.05 c	1.05 ± 0.02 d	0.82 ± 0.06 d
世代 generation	67.67 ± 0.09 a	46.54 ± 0.06 b	37.88 ± 0.09 c	28.94 ± 0.05 d	28.03 ± 0.02 e

注: 表中数值为平均值 ± 标准误, 同行数值后不同字母分别代表在 0.05 水平差异显著, 采用 Duncan's 检验。Note: Date in the table are presented as mean ± SE. And those in the same row followed by different letters are significantly different at the 0.05 level by Duncan's test.

2.2 六斑平颜蚜蝇发育速率 (Y) 与温度 (t) 关系的数学模型建立

应用线性模型和 Logistic 模型对六斑平颜蚜蝇各发育阶段的发育速率与温度的关系进行拟合, 模型各参数的值见表 2。通过比较分析决定系数

R^2 可知, Logistic 模型可以更好地拟合六斑平颜蚜蝇不同发育阶段的发育速率与温度关系, 在对不同温度下六斑平颜蚜蝇各发育阶段的发育速率进行预测时, 应优先考虑采用 Logistic 模型进行预测。

表 2 六斑平颜蚜蝇各发育阶段的发育速率与温度的关系模型参数值

Table 2 The value of parameters by the model analyzing the relationship between the developmental rate of *Eumerus seximaculatum* and temperature

发育阶段 Developmental stage	线性模型 Linear model	R^2	Logistic 模型 logistic model	R^2
卵 Egg	$V = -0.372 + 0.029T$	0.871*	$V = 0.551 / [1 + \exp(4.784 + 0.218t)]$	0.887*
幼虫 Larve	$V = -0.1037 + 0.008T$	0.937*	$V = 0.067 / [1 + \exp(2.336 + 0.220t)]$	0.946*
预蛹 Prepupa	$V = -0.217 + 0.022T$	0.866*	$V = 0.496 / [1 + \exp(4706 + 0.244t)]$	0.889*
蛹 Pupa	$V = -0.066 + 0.007T$	0.881*	$V = 0.132 / [1 + \exp(5.617 + 0.300t)]$	0.980*
产卵前期 Preoviposition stage	$V = -1.576 + 0.086T$	0.854*	$V = 1.282 / [1 + \exp(14.117 + 0.539t)]$	0.986*
世代 Generation	$V = -0.012 + 0.001T$	0.923*	$V = 0.039 / [1 + \exp(3.495 + 0.185t)]$	0.960*

注: * 表示发育速率和温度关系的相关性达显著水平 ($P < 0.05$)。Note: * Indicate significant correlation between developmental rate and temperature at 0.05 level.

2.3 六斑平颜蚜蝇各虫态的发育起点温度和有效积温

根据六斑平颜蚜蝇在不同温度下各虫态的发育历期, 计算出六斑平颜蚜蝇各发育阶段的发育起点温度和有效积温并建立线性回归方程 (表 3)。结果显示, 产卵前期的发育起点温度最高, 为 $15.14 \pm 0.10^\circ\text{C}$, 而卵、幼虫、预蛹与世代的发育起点温度相差不大, 分别为 12.07 ± 0.09 、 12.58

± 0.39 、 12.93 ± 0.55 与 $12.23 \pm 0.25^\circ\text{C}$, 六斑平颜蚜蝇完成整个世代所需的有效积温为 826.67 ± 2.85 日·度, 其中幼虫完成生长发育所需的有效积温最高, 为 137.27 ± 1.16 日·度, 其次为蛹、预蛹和卵, 分别为 76.65 ± 0.52 、 46.10 ± 0.89 和 35.51 ± 0.50 日·度, 产卵前期所需的有效积温最低, 仅为 12.45 ± 0.07 日·度。

表 3 六斑平颜蚜蝇不同发育阶段的发育起点温度和有效积温

Table 3 Developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of *Eumerus seximaculatum* at different developmental stages

发育阶段 Developmental stage	发育起点温度 ($^\circ\text{C}$) Developmental threshold temperature	有效积温 (日·度) Effective accumulative temperature	回归方程 Regression equation	F	P	r
卵 Egg	12.07 ± 0.09	36.51 ± 0.50	$T = 12.07 + 36.51V$	29.58	0.003	0.921*
幼虫 Larve	12.58 ± 0.39	137.27 ± 1.16	$T = 12.58 + 137.27V$	42.00	0.007	0.969*
预蛹 Prepupa	12.93 ± 0.55	46.10 ± 0.89	$T = 12.93 + 46.10V$	14.34	0.036	0.905*
蛹 Pupa	10.13 ± 0.15	76.65 ± 0.52	$T = 10.13 + 76.65V$	13.69	0.019	0.938*
产卵前期 Preoviposition stage	15.14 ± 0.10	12.45 ± 0.07	$T = 15.14 + 12.45V$	25.10	0.018	0.937*
世代 Generation	12.23 ± 0.25	826.67 ± 2.85	$T = 12.23 + 826.67V$	38.05	0.009	0.963*

注: * 表示温度和发育速率关系的相关性达显著水平 ($P < 0.05$)。Note: * Indicate significant correlation between developmental rate and temperature at 0.05 level.

2.4 六斑平颜蚜蝇实验种群生命表

根据六斑平颜蚜蝇在不同恒温处理下各虫态的存活率和成虫繁殖力情况, 组建了六斑平颜蚜蝇实验种群生命表(表4)。表中以100粒卵作为起始卵量, 各虫态存活率和平均产卵量为实际观察值的均值。

结果表明, 六斑平颜蚜蝇在5个恒温处理下, 卵的孵化率均达到80%以上, 平均孵化率为87.13%, 说明在16~32℃之间该蝇卵的孵化率基本不受温度影响; 在16~32℃温度范围内1龄幼虫的存活率较其他3个龄期低; 该蝇在16~32℃温度范围内的世代存活率分别为27.00%、41.67%、50.33%、65.67%、52.67%, 可说明在16℃时世代存活率最低, 其次是20℃、24℃、

32℃, 而在28℃时世代存活率最高, 约为16℃存活率的2.43倍; 单雌平均产卵量在28℃最多, 为150.77粒, 其次为24℃(124.54粒)、32℃(102.18粒)、20℃(71.19粒)、产卵量在16℃时最低, 仅为27.53粒; 预计下一代产虫数在16℃时最少, 仅为79.31头, 而在28℃时产虫数量最多, 约为16℃产虫数量的28.71倍; 种群趋势指数(I)均大于1, 说明在16~32℃温度范围内, 六斑平颜蚜蝇种群呈增长趋势; 其种群趋势指数从低到高依次为 $I_{16℃} < I_{20℃} < I_{32℃} < I_{24℃} < I_{28℃}$, 说明温度高于或者低于28℃时其种群增长速度均减慢, 但在24~32℃温度范围内, 种群趋势指数都较高, 分别为24.07、34.68、20.10, 说明该温度范围适宜六斑平颜蚜蝇的生长发育和繁殖。

表4 不同温度下的六斑平颜蚜蝇实验种群生命表

Table 4 The experimental population life table of *Eumerus seximaculatum* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	进入各发育阶段虫数 Number of individuals at the beginning of different stages				
	16℃	20℃	24℃	28℃	32℃
卵 Egg	100	100	100	100	100
卵存活率(%) Survival rate of egg	80.33	82.33	87.67	93.67	91.67
1龄幼虫 1 st instar larve	80.33	82.33	87.67	93.67	91.67
1龄幼虫存活率(%) Survival rate of 1 st instar larve	71.37	80.17	83.64	86.47	84.73
2龄幼虫 2 nd instar larve	57.33	66.00	73.33	81.00	77.67
2龄幼虫存活率(%) Survival rate of 2 nd instar larve	86.64	91.41	92.73	95.06	93.56
3龄幼虫 3 rd instar larve	49.67	60.33	68.00	77.00	72.67
3龄幼虫存活率(%) Survival rate of 3 rd instar larve	89.93	91.71	94.59	96.97	95.87
4龄幼虫 4 th instar larve	44.67	55.33	65.00	74.67	69.67
4龄幼虫存活率(%) Survival rate of 4 th instar larve	88.81	92.77	95.89	97.76	95.70
预蛹 Prepupa	39.67	51.33	62.33	73.00	66.67
预蛹存活率(%) Survival rate of prepupa	81.50	90.92	90.37	94.97	92.50
蛹 Pupa	32.33	46.67	56.33	69.33	61.67
蛹存活率(%) Survival rate of pupa	83.51	80.72	89.35	94.72	85.41
成虫羽化数 Number of emerged adults	27.00	37.67	50.33	65.67	52.67
雌虫数 Number of females	10.67	15.67	19.33	23.00	19.67
世代存活率(%) Generation survival rate	27.00	41.67	50.33	65.67	52.67
每雌平均产卵量 Average number of eggs laid per females	27.53	71.19	124.54	150.77	102.18
预计下一代产虫数 Estimated number of adults of next generation	79.31	420.23	1211.62	2277.25	1058.60
种群趋势指数 Population trend index (I)	2.94	11.16	24.07	34.68	20.10

3 结论与讨论

温度是影响昆虫种群生长发育和繁殖的一个重要因素。在适温范围内,随着温度升高,昆虫的发育速率加快,发育历期缩短(李建荣等,1994)。本研究结果表明,温度对六斑平颜蚜蝇生长发育影响显著,在16~32℃温度范围内,各发育阶段的发育历期与温度呈负相关,即随着温度升高,发育历期缩短。这与食蚜蝇科的昆虫,如黑带食蚜蝇(董坤等,2004)和红毛羽蚜蝇(张志林和郑发科,2006)研究结果是一致的。

温度与昆虫生长发育关系的模型不仅可用于研究温度对昆虫发育速率的影响(时培建等,2011),也可用于计算昆虫生长发育的发育起点温度和有效积温(李栋等,2019)。本研究应用线性模型和 Logistic 模型对六斑平颜蚜蝇各发育阶段的发育速率与温度的关系进行拟合,结果发现, Logistic 模型可以更准确地拟合温度与发育速率的关系;通过拟合温度对六斑平颜蚜蝇发育速率的线性模型,计算出该蝇发育起点温度为 $12.23 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$,有效积温为 826.67 ± 2.85 日·度。

温度对六斑平颜蚜蝇存活和繁殖也有很大影响。在16~32℃温度范围内,六斑平颜蚜蝇卵的存活率差异不大,说明了卵对温度适应能力较强;1龄幼虫的存活率低于其他龄期幼虫存活率,说明1龄是该蝇敏感虫态,也是限制种群增长关键虫态;蛹的存活率均在80%以上,平均羽化率为86.75%,说明在16~32℃之间该蝇的羽化率基本不受温度影响。在24~32℃温度范围内,产卵量和种群趋势指数较高,说明这一温度范围适宜六斑平颜蚜蝇种群繁殖。

由于六斑平颜蚜蝇蛀茎危害的习性,对其进行防治难度很大。因此本文研究了六斑平颜蚜蝇在不同发育阶段的发育起点温度和有效积温,并构建了发育历期随温度变化的数学模型,为六斑平颜蚜蝇发生期的预测预报及适时开展田间防治工作提供参考依据。但前人研究已表明,昆虫在变温情况下的发育速率比在恒温情况下更快,在不同的生态条件下发育起点温度和有效积温差异较大(Mironidis & Savopoulou-sultani, 2008; 向玉勇等,2011)。故需结合具体田间情况,才能更为准确的反映出六斑平颜蚜蝇种群动态。除了考虑温度外,还应充分考虑光照、湿度、种群密度、营养条件等环境因素。

参考文献 (References)

- Davidson J. On the relationship between temperature and rate of development of insects at constant temperatures [J]. *Journal of Animal Ecology*, 1944, 13 (1): 26-38.
- Dong K, Dong Y, Lou YZ. Effects of temperatures on development, survival and growth of *Episyrphus balteatus* De Geer [J]. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2004, 35 (2): 221-223. [董坤, 董艳, 罗佑珍. 温度对黑带食蚜蝇生长发育的影响 [J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2004, 35 (2): 221-223]
- Gong LD, Cao YH, Hou JX. Determination of betaine in *Cistanche* by HPLC-ELSD detection [J]. *Chinese Journal of Chromatography*, 2007, 25 (2): 280-281. [龚立冬, 曹玉华, 侯建霞. 高效液相色谱-蒸发光散射检测法测定肉苁蓉中的甜菜碱 [J]. 色谱, 2007, 25 (2): 280-281]
- Li D, Li XW, Ma L, et al. Effects of temperature on the growth, development and reproduction of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2019, 62 (12): 1417-1426. [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]
- Li JR, Zhu WB, Li LS, et al. Experimental population ecological study of *Adoxophyes cyrtosema* Meyrick [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1994, 13 (3): 17-20. [李建荣, 朱文炳, 李隆术, 等. 柑桔褐带卷蛾实验种群生态学研究 [J]. 生态学杂志, 1994, 13 (3): 17-20]
- Li L, Cao J. Determination of polysaccharides in *Cistanche herba* by spectrophotometry [J]. *Journal of Food Safety Quality*, 2017, 8 (7): 2419-2423. [李莉, 曹进. 分光光度法测定肉苁蓉多糖含量 [J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8 (7): 2419-2423]
- Lin YY, Jin T, Jin QA, et al. Life table of the experimental population of *Bracon adoxophyesi* Minamikawa at different temperatures [J]. *Plant Protection*, 2018, 44 (1): 105-109. [林玉英, 金涛, 金启安, 等. 不同温度下褐带卷蛾茧蜂实验种群生命表 [J]. 植物保护, 2018, 44 (1): 105-109]
- Mei ZX, Wu QJ, Zhang YJ, et al. Life tables of the laboratory population of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang (Diptera: Mycetophilidae) at different temperatures [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47 (2): 219-222. [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 [J]. 昆虫学报, 2004, 47 (2): 219-222]
- Miao X, Zhang H, Wu Y, et al. Protective effect of glycoside polysaccharide extracting from *Cistanche* on PC12 nerve-cell damage model induced by D-galactose [J]. *Chinese Pharmaceutical Journal*, 2017, 52 (23): 2071-2078. [苗鑫, 张弘, 武燕, 等. 肉苁蓉毛蕊花糖苷对D-半乳糖诱导PC12神经细胞损伤的保护作用 [J]. 中国药理学杂志, 2017, 52 (23): 2071-2078]
- Mironidis GK, Savopoulou-Sultani M. Development survivorship and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae)

- under constant and alternating temperatures [J]. *Environmental Entomology*, 2008, 37 (1): 16–28.
- National Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of The People's Republic of China (an edition of 2010) [M]. Beijing: China medical science and technology press, 2010: 126. [国家药典委员会. 中华人民共和国药典 (2010 版一部) [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 126]
- Shi PJ, Ikemoto T, Ge F. Development and application of methods for describing the effects of temperature on insects' growth and development [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (5): 1149–1160. [时培建, 池本孝哉, 戈峰. 温度与昆虫生长发育关系模型的发展与应用 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (5): 1149–1160]
- Taylor F. Ecology and evolution of physiological time in insects [J]. *American Naturalist*, 1981, 117 (1): 1–23.
- Wallner WE. Factors affecting insect population dynamics: Differences between outbreak and non-outbreak species [J]. *Annual Review of Entomology*, 1987, 32 (1): 317–340.
- Xiang YY, Yin PF, Wang MY, et al. Developmental threshold temperature and effective accumulative temperature of *Heterolocha jinyinhuaphaga* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (1): 152–155. [向玉勇, 殷培峰, 汪美英, 等. 金银花尺蠖发育起点温度和有效积温的研究 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (1): 152–155]
- Yang CP, Su WW. Research progress of *Cistanche deserticol* [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2001, 24 (12): 907–909. [杨翠平, 苏薇薇. 肉苁蓉研究进展 [J]. 中药材, 2001, 24 (12): 907–909]
- Zhang BS, Chen SH, Zhao XW, et al. Study on the dosage-effect relationship of laxative action of galactitol from *Cistanche* [J]. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2003, 10 (12): 28–29. [张百舜, 陈双厚, 赵学文, 等. 肉苁蓉提取物半乳糖醇通便作用的量效研究 [J]. 中国中医药信息杂志, 2003, 10 (12): 28–29]
- Zhang XX. Insect Ecology and Forecast [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2002: 77–83. [张孝羲. 昆虫生态及预测预报 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 77–83]
- Zhang Y, Wu H, Wang SN, et al. Investigation on Chinese commercial drugs and resources of *Herba Cistanche* [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 1993, 2 (1): 10–12. [张勇, 吴焕, 王顺年, 等. 中药肉苁蓉商品药材和原植物资源调查 [J]. 植物资源与环境, 1993, 2 (1): 10–12]
- Zhang ZL, Zheng FK. Bionomics of larva of *Paractophila oberthueri* Herve [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2006, 25 (4): 798–799. [张志林, 郑发科. 红毛羽毛蚜蝇幼期生物学特性的初步研究 [J]. 四川动物, 2006, 25 (4): 798–799]
- Zhao W, Pan YN. Advances in research of phenylethanoid glycosides in *Cistanche* [J]. *Asia-Pacific Traditional Medicine*, 2013, 9 (5): 77–79. [赵微, 潘英妮. 肉苁蓉苯乙醇苷类成分药理作用研究进展 [J]. 亚太传统医药, 2013, 9 (5): 77–79]