

温度对美洲斑潜蝇及南美斑潜蝇种群增长的影响

周亦红, 姜卫华, 赵志模, 邓新平

(南京农业大学植保系 南京 210095)

摘要:在恒温条件下观察了美洲斑潜蝇和南美斑潜蝇实验种群的发育、存活及繁殖情况,拟合了两种斑潜蝇发育速率与温度之间的关系模型,求出了各发育阶段的发育起点温度及有效积温,组建了不同温度下两种斑潜蝇实验种群的生殖力表,计算了主要的生命表参数。结果表明,温度对两种斑潜蝇的发育、存活、繁殖均有显著的影响,且两种斑潜蝇对温度的适应特性有着明显差异。美洲斑潜蝇适应的温度范围较广,相对较高的温度有利于种群的发育、生存及繁殖;而南美斑潜蝇适应的温度范围相对较窄,且适温范围明显偏低,高温不利于种群的增长;在各自的适温条件下,两种斑潜蝇都有很强的种群增殖能力。

关键词:美洲斑潜蝇;南美斑潜蝇;温度;种群增长

Effect of temperature on the population increase of *Liriomyza sativae* and *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae)

ZHOU Yi-Hong, JIANG Wei-Hua, ZHAO Zhi-Mo, DENG Xin-Ping (Department of Plant Protection, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716)

Abstract: *Liriomyza sativae* Blanchard and *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) are two small leafmining insects of a wide variety of vegetable and ornamental plants most commonly distributing in temperate areas. The pest status of these two leafminers have dramatically rose worldwide since 1970s with the intensive application of non-selective insecticides which led to the elimination of natural enemies, and it is difficult to control them for their polyphagous nature, high fecundity and their capability of quickly developing resistance to insecticide.

L. sativae and *L. huidobrensis* were first reported in China during 1993~1994. Since then, mixed infesting and quick spreading of these two leafminers have been reported in many places in China, but limited biological and ecological studies have been seen in literature. Temperature is one of the most important factors affecting the population dynamics of insects. Therefore, we investigated the development, survival and reproduction of these two pests on cowpea seedlings under seven constant temperatures (17.5~35 °C, with a relative humidity range of 65%~85% and a photoperiod of 14L:10D). Mathematical models and life table parameters were used to quantify the effects of temperature on the populations of them. The results were shown as follows:

As the temperature rose from 17.5 °C to 30 °C, developmental time of *L. sativae* for eggs, larvae, pupae and the whole immature stages declined gradually from 5.4, 15.7, 19.7, 5.4d to 1.8, 5.4, 7.1, and 12.5d respectively. For *L. huidobrensis*, the developmental time of corresponding stages reduced from 4.1, 15.9, 14.4, 30.0d to 1.9, 9.3, 8.0 and 17.5d respectively as the temperature rose from 17.5 °C to

基金项目:国家重点基础研究(No. 020600139)资助项目

承蒙吴世源高级实验师协助数据处理,张永毅副研究员为实验提供热情帮助,特此致谢!

收稿日期:1999-10-24 修订日期:2000-05-31

作者简介:周亦红(1971~),女,四川西昌人,博士,讲师。主要从事昆虫生态学研究。

27.5℃. The lower developmental thresholds for egg, larva, pupa and total immature stages of *L. sativae* were at 11.0, 11.3, 10.6 and 10.9℃ respectively, which were much higher than the values of 9.3, 5.3, 7.9 and 7.0℃ estimated for the corresponding stages of *L. huidobrensis*. The day-degree requirements estimated for egg, larva, pupa and total immature stages of *L. sativae* and *L. huidobrensis* were 36.4, 100.1, 136.0, 239.3d and 333.1, 193.7, 142.0, 319.0d, respectively. Two nonlinear developmental models, Logistic model and Wang-Lan-Ding model, gave good fits to the data.

At 17.5~30℃, the total immature stages of *L. sativae* had the highest survivorship at 22.5℃ (88.62%), and the lowest at 17.5℃ (62.75%); At 35℃, all larvae died before pupa could be formed. High survivorship was recorded for egg (87.65%~95.37%) and the whole larval stages (94.48%~100%). Pupae seemed to be more vulnerable to unfavorable temperatures compared with other stages. Survival rates of pupa was highest at 25℃ (95.00%), then clasped from 82.86% to 0% as the temperature changed from 27.5℃ to 30℃. Within the range of 17.5~27.5℃, *L. huidobrensis* had much lower survival rates in egg, pupa and the whole immature stages in comparison with *L. sativae*; High temperature(>27.5℃) apparently had a detrimental effect on its various developmental stages, especially on pupa, whose survivorship dramatically dropped from 59.32% to 15.97% as temperature rose from 25℃ to 27.5℃. The whole immature stages of it had the highest survivorship at 20℃ (64.03%), and the lowest at 27.5℃ (8.11%).

Both female and male adults of *L. sativae* had the longest mean longevity at 22.5℃ (♀ 28.1d, ♂ 16.4d). For *L. huidobrensis*, the longest mean longevity of female and male were at 20℃ (35.1d) and 22.5℃ (16.6d), respectively. Female adults lived longer than male adults at all the temperatures tested for both species. Relationship between temperature (*X*) and the mean longevity of female adults(*Y*) of *L. sativae* and *L. huidobrensis* could be described respectively by quadratic equations ($Y = -0.3280X^2 + 15.8159X - 163.5390, r^2 = 0.9453$) and linear equation ($Y = -2.3356X + 83.234, r^2 = 0.9848$).

From 22.5℃ to 30℃, preoviposition periods of *L. sativae* reduced from 2.7d to 1.7d, 1.1~1.6d shorter than the corresponding periods of *L. huidobrensis*; Prolonged preoviposition period of *L. sativae* was found at 20℃ (6.0d). Oviposition period of *L. huidobrensis* was longer than *L. sativae* at 20~25℃, but the reverse was recorded at 27.5~30℃.

The mean fecundity of *L. sativae* accumulated from 114.60 to 425.30(eggs/♀) as the temperature increased from 20℃ to 30℃. While for *L. huidebrensis*, it decreased from the highest of 487.90 to 254.30 when temperature rose from 25℃ to 27.5℃. Relationship between temperature(*X*) and the mean fecundity(*Y*) of *L. sativae* and *L. huidobrensis* were fitted by following two equations, respectively: $Y = -4.8417X^2 + 269.3464X - 3315.2981 (r^2 = 0.9693)$, $Y = -7.8274X^2 + 356.7716X - 609.2098 (r^2 = 0.9560)$.

The intrinsic rate of increase(*r_m*), finite rate of increase (*λ*), net reproductive rate(*R₀*), mean generation time(*T*) and population doubling time(*t*) were calculated for the population of *L. sativae* and *L. huideo-brensis* respectively at 20~30℃ and 20~27.5℃. At 27.5℃, *L. sativae* population had the highest *r_m* (0.2294), *λ*(1.2578) and the shortest *T*(3.02d); While at 20℃, the lowest *r_m*(0.0970), *λ*(1.1079), *R₀* (37.9695), and the longest *T*(38.65d) and *t*(7.15d) were estimated. For *L. huidobrensis*, the maximum of *r_m*(0.1825) and *λ*(1.2002) were estimated at 25℃, but at 27.5℃, the values of *r_m*, *λ* and *R₀* dropped to the minimum of 0.0952, 1.0999 and 9.37, respectively; The shortest *t* (3.80d) was at 25℃ and the longest (7.28d) at 27.5℃.

In sum, temperature had a significant effect on the developmental time, survivorship and reproduction of these two leafminers. In comparison, The temperature range of 22.5~30℃ seemed to be most suitable for the population growth of *L. sativae*, while a relatively lower temperature range of 20~25℃ seemed more favorable for *L. huidobrensis*.

Key words: temperature; population increase; *Lilapavata sativae*; *Lilapavata huilobrensis*

文章编号:1000-0933(2001)08-1276-09 中图分类号:Q969.464.2;Q145+.1 文献标识码:A

斑潜蝇 *Liriomyza* sp. 是一类体型微小,潜入植物叶片取食的双翅目昆虫,主要分布于温带地区^[1]。过去,由于有丰富的自然天敌,斑潜蝇一直被列为不具经济重要性的一类次要害虫。20 世纪 70 年代以后,由于世界各地大量施用广谱性杀虫剂,杀伤了天敌,致使几种多食性斑潜蝇种群数量迅速上升。其中,美洲斑潜蝇 *L. sativae* Blanchard 和南美斑潜蝇 *L. huilobrensis* Blanchard 在 20 世纪 80 年代以后成为南、北美洲两种重要的食叶类害虫^[2,3]。由于这两种斑潜蝇寄主范围广泛,世代周期短,繁殖能力强,易产生抗药性,防除困难,许多国家已将它们列为检疫对象^[4]。近年来,随着国际贸易交往日渐频繁,这两种斑潜蝇已传入我国,并迅速蔓延扩散。目前,美洲斑潜蝇已遍及我国 23 个省、市、自治区;南美斑潜蝇目前在我国虽属局部发生,但其危害程度及蔓延趋势亦丝毫不容忽视。

由于美洲斑潜蝇和南美斑潜蝇在我国发生时间不长,有关的基础研究资料相对缺乏,这不可避免地导致了我国防治工作中存在着盲目、低效,防治方法单一的状况^[5]。加强这两种害虫的应用基础研究,已是当务之急。环境温度是影响昆虫数量变动最显著的一个生态因子。有报道表明,美洲斑潜蝇和南美斑潜蝇自然种群的消长与温度密切相关^[6,7]。针对这两种斑潜蝇在我国一些地区常常混合发生,其种群消长规律存在着明显差异的现象^[8,9],本文应用生命表方法,系统地研究和比较了温度对两种斑潜蝇实验种群生长、存活及繁殖的影响,以明确两种斑潜蝇对温度适应特性上的差异,为综合防治策略的制定提供一些基础理论依据。

1 材料和方法

1.1 食料及饲养条件

美洲斑潜蝇及南美斑潜蝇虫源分别采自西南农大校外农场及四川省西昌市农贸市场。以豇豆苗作食料,将田间采集的两种斑潜蝇虫源饲养于温度为 22~27℃,相对湿度 65%~85%,光照周期为 14L:10D 的温室内,繁殖 5~6 代后供实验用。

1.2 试验方法

两种斑潜蝇的实验同时进行,方法一致。发育历期及存活率的观察设 17.5~35℃ 共 7 个温度,成虫寿命及繁殖的观察设 20~30℃ 共 5 个温度,温度梯度均为 2.5℃,温度幅差控制在 ±0.5℃,相对湿度及光照周期与饲养条件一致。

将培养 10~14d,第一片真叶完全展开的豇豆苗置于养虫笼中,待斑潜蝇成虫产卵 6h 后,将豆苗移去,在解剖镜下观察,用记号笔标出叶片上产卵的位置,编号记录每张叶片上的卵数。观察、标记后的豆苗移入不同温度的培养室内继续培养。每天 3 次(8:30、14:30、20:30),定时观察卵的孵化情况。卵孵化后,每张叶片上选取两头孵化时间一致的幼虫加以标记,逐日观察记载其发育、存活情况,其余的幼虫孵出后立即挑除(每一温度处理下观察的一龄幼虫数不少于 100 头)。幼虫达三龄后,将叶片摘下,分别置于培养皿内保湿培养。幼虫出叶化蛹后,将蛹分别单独移入指形管内,观察其羽化情况,记录成虫性别。羽化后的成虫雌、雄单头配对,接入玻璃养虫筒内(直径 10cm,高 24.5cm),以 5% 的蜂蜜水作为补充营养。逐日更换筒内的豇豆苗并观察记录成虫产卵、存活情况,直至雌虫死亡。实验过程中雄虫死亡或逃逸后,立即补充另一头,以确保雌虫有充分的交配机会(每个温度处理下观察的雌虫不少于 25 头)。

2 结果与分析

2.1 温度对两种斑潜蝇生长发育的影响

2.1.1 发育历期及发育起点温度和有效积温 实验结果表明(表 1),在 17.5~30℃ 恒温条件下,美洲斑潜蝇能够完成世代发育,且各虫态的发育历期随温度的升高而缩短;35℃ 下蛹不能羽化。南美斑潜蝇在 17.5~27.5℃ 条件下能完成世代发育,但 27.5℃ 以上时仅个别蛹能够正常羽化。比较两种斑潜蝇各阶段的发育历期可见,在 20~30℃ 的恒温条件下,南美斑潜蝇的卵期及蛹期均较美洲斑潜蝇短,而幼虫期则较长;温度低于 22.5℃ 时,南美斑潜蝇世代发育历期较美洲斑潜蝇短,但随着温度的升高,二者世代发育历期接近。

表 1 不同温度下美洲斑潜蝇(S)及南美斑潜蝇(H)的发育历期($d \pm SE$)

Table 1 Developmental time of *L. sativae* (S) and *L. huidobrensis* (H) at different constant temperatures ($d \pm SE$)

温度(℃)		17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	35.0
Temperature								
卵	S	5.35±0.31	4.48±0.20	3.26±0.22	2.67±0.16	2.27±0.22	1.78±0.08	2.08±0.12
	H	4.08±0.26	3.04±0.26	2.31±0.18	2.14±0.25	1.90±0.18	2.07±0.15	—
一龄幼虫	S	4.47±0.48	3.59±0.59	2.42±0.4	2.42±0.40	2.08±0.18	1.68±0.29	1.41±0.29
	H	4.32±0.55	3.34±0.56	3.31±0.40	2.21±0.54	2.53±0.54	3.05±0.60	—
二龄幼虫	S	2.80±0.63	2.04±0.54	1.55±0.37	1.26±2.05	1.01±0.29	1.00±0.17	1.16±0.47
	H	3.10±0.70	2.63±0.66	2.44±0.54	2.00±0.51	1.91±0.65	—	—
三龄幼虫	S	3.17±0.67	2.24±0.67	1.93±0.48	1.54±0.34	1.27±0.31	1.15±0.29	1.61±0.39
	H	4.90±0.90	3.57±0.82	3.30±0.74	2.89±0.70	2.93±0.95	—	—
幼虫 Whole larval stage	S	15.68±1.08	12.11±0.97	9.09±0.77	7.53±0.31	6.00±0.30	5.37±0.46	6.36±0.59
	H	15.89±1.77	12.66±1.12	11.68±0.89	9.11±0.84	9.31±1.12	—	—
蛹	S	19.74±0.79	15.05±0.57	11.91±0.56	9.74±0.60	8.03±0.38	7.13±0.34	—
	H	14.49±0.74	12.18±0.98	9.59±0.82	8.28±0.51	8.00±0.00	—	—
世代	S	35.47±1.19	27.24±1.15	20.91±0.66	17.26±0.71	14.03±0.47	12.50±0.58	—
	H	30.00±1.64	24.68±0.93	21.20±0.79	17.31±1.00	17.50±0.00	—	—

根据表 1,采用直接最优法^[10]计算了两种斑潜蝇的发育起点温度及有效积温(表 2)。可以看出,南美斑潜蝇各虫态及世代发育起点温度均明显低于美洲斑潜蝇,其中二者世代发育起点温度相差近 4℃。从世代发育的有效积温来看,南美斑潜蝇则较后者高 79.70 日度。二者世代发育有效积温存在着较大差异,主要原因在于两种斑潜蝇幼虫期对热量需求的不同。南美斑潜蝇幼虫完成发育所需的有效积温为 193.74 日度,高出美洲斑潜蝇 92.75 日度。

2.1.2 两种斑潜蝇发育速率与温度之间的数学模型

根据表 1,将发育历期(N)转换成发育速率(V)后,在计算机上采用 Marquardt 阻尼最小二乘法迭代,拟合了美洲斑潜蝇及南美斑潜蝇卵、幼虫、蛹及及世代发育速率(V)与温度(T)之间的 Logistic 模型及王-兰-丁模型^[11](表 3,世代发育速率与温度之间的 Logistic 模型及王-兰-丁模型参见图 1、图 2)。

从拟合结果可见,Logistic 模型较好地描述了两种斑潜蝇的发育速率在适温范围内随温度升高而增加,以后随温度升高,发育速率的增加逐渐减缓的一般规律;王-兰-丁模型在此基础上进一步考虑了昆虫在极端温度下的自我调节效应,反映出两种斑潜蝇在高温下发育速率降低的现象,拟合结果较好。由模型推知,美洲斑潜蝇发育起点温度(T_L)、最高临界温度(T_H)分别为 10℃和 37℃,最适发育温度(T_O)为 26.5℃;南美斑潜蝇最低(T_L)、最高临界温度(T_H)分别为 7℃、32℃,最适发育温度(T_O)为 22℃。相比较而言,南美

表 2 美洲斑潜蝇和南美斑潜蝇各发育阶段的发育起点温度及有效积温

Table 2 Developmental threshold (DT) and day-degree (DD) requirements for various life stages of *L. sativae* and *L. huidobrensis*

	美洲斑潜蝇 ^①		南美斑潜蝇 ^②	
	$DT(^{\circ}C)$	DD	$DT(^{\circ}C)$	DD
卵 ^③	10.99	36.44	9.25	33.06
一龄幼虫 ^④	12.05	26.06	7.69	44.40
二龄幼虫 ^⑤	11.29	17.48	2.44	46.96
三龄幼虫 ^⑥	10.45	22.25	4.92	59.54
幼虫 ^⑦	11.29	100.99	5.27	193.74
蛹 ^⑧	10.59	136.04	7.91	141.95
世代 ^⑨	10.93	239.30	7.00	319.00

① *L. sativae*; ② *L. huidobrensis*; ③ Egg; ④ 1st instar; ⑤ 2nd instar; ⑥ 3rd instar; ⑦ Whole larva stage; ⑧ Pupa; ⑨ Generation

斑潜蝇适宜生存的温度范围较窄,且偏于低温,拟合结果与实验观察结果基本相符。

表 3 两种斑潜蝇发育速率与温度之间两种关系模型的参数估计

Table 3 Evaluation of parameters of two models for the development rate of two leafminers as function of temperature

美洲斑潜蝇 <i>L. sativae</i>					南美斑潜蝇 <i>L. huidobrensis</i>				
	卵 Egg	幼虫 Larva	蛹 Pupa	全世代 Generation	卵 Egg	幼虫 Larva	蛹 Pupa	全世代 Generation	
	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	
王-兰-丁模型 Wang-Lan-Ding model	0.8795	0.3026	0.2298	0.1305	0.6956	0.1794	0.2001	0.0921	
	<i>r</i>	0.1471	0.1463	0.1382	0.1419	0.1988	0.1166	0.1464	0.1200
	<i>T</i> ₀	26.7703	26.4724	26.5215	26.5010	20.3039	22.4995	22.0987	21.9999
	<i>T</i> _L	10.0000	11.0000	10.0000	10.0000	8.3776	5.0000	7.9998	7.0000
	<i>T</i> _H	36.0141	36.6657	36.9998	36.9999	34.0122	30.9985	29.9997	31.9996
逻辑斯蒂模型 Logistic model	<i>δ</i>	0.8183	1.4905	1.0015	1.0001	2.5318	1.0004	0.7914	0.8017
	<i>Q</i>	1.113×10 ⁻³	3.337×10 ⁻⁵	6.804×10 ⁻⁶	3.937×10 ⁻⁶	6.615×10 ⁻⁴	9.577×10 ⁻⁵	1.103×10 ⁻⁵	1.983×10 ⁻⁵
	<i>k</i>	1.8442	0.2697	0.2016	0.1162	0.5721	0.1258	0.2431	0.8360
	<i>a</i>	4.0278	4.0257	3.9803	3.9041	4.9420	3.4877	3.1374	4.5266
	<i>b</i>	0.1061	0.1616	0.161	0.1572	0.2645	0.1987	0.1253	0.0768
	<i>R</i> ₂	0.9958	0.9911	0.9841	0.9998	0.9903	0.9375	0.9998	0.9998

* *Q* 观察值与理论值之间的均方根误差 The mean square deviation of observed value and estimated value;
*R*² 相关系数 The related coefficient

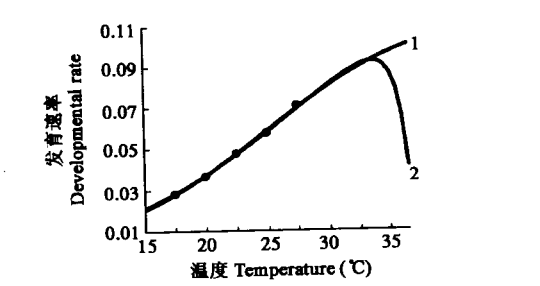


图 1 美洲斑潜蝇世代发育速率与温度的 Logistic 模型 (1)及王-兰-丁模型(2)拟合曲线
Fig. 1 Logistic model(1)and Wang-Lan-Ding models (2)for the development rates of the whole generation of *L. sativae* as function of temperature

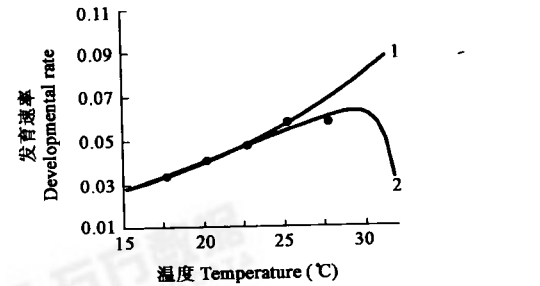


图 2 南美斑潜蝇世代发育速率与温度的 Logistic 模型 (1)及王-兰-丁模型(2)拟合曲线
Fig. 2 Logistic model(1) and Wang-Lan-Ding model (2)for the development rates of the whole generation of *L. huidobrensis* as function of temperature

2.2 温度对两种斑潜蝇存活率的影响

实验表明,两种斑潜蝇的存活率与温度关系密切(表 4)。在实验温度范围内,美洲斑潜蝇卵的孵化率均较高,35℃高温下其孵化率仍达 86.44%。在 17.5~30℃范围内,美洲斑潜蝇各龄幼虫存活率都高于 95%,几乎不受温度影响;35℃高温下,一龄幼虫存活率有所下降(78.92%),但二、三龄幼虫存活率仍分别达 98.28%、91.53%,表明卵和幼虫对温度变化(尤其高温)有较强的适应能力。美洲斑潜蝇的蛹期对温度的变化相对较敏感。22.5℃及 25℃下,蛹的羽化率较高,但随着温度的升高或降低,蛹存活率下降,35℃时则不能正常羽化。其世代存活率在 22.5℃时最高,为 88.62%。

在各实验温度下,南美斑潜蝇卵期、蛹期及世代存活率均低于美洲斑潜蝇;高温明显降低南美斑潜蝇各发育阶段的存活率。其世代存活率在 20℃下最高(64.03%),并随温度的升高而迅速下降,27.5℃时仅少数个体可完成发育。

表 4 不同温度下美洲斑潜蝇(S)及南美斑潜蝇(H)各发育阶段的存活率(%)

Table 4 The survival rates of various stages of *L. sativae* (S) and *L. huidobrensis* (H) at different constant temperatures

发育阶段	种类	温度(℃)Temperature						
		17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	35.0
卵 Egg	S	87.65	95.37	95.14	92.00	91.93	92.44	86.44
	H	75.61	88.97	80.32	79.82	89.44	66.16	—
一龄幼虫 1st instar	S	95.65	98.31	99.98	98.31	98.65	100.00	78.92
	H	100.00	98.15	97.14	87.1	78.57	34.48	—
二龄幼虫 2nd instar	S	100.00	98.28	100.00	100.00	100.00	100.00	98.28
	H	98.46	100.00	96.90	98.16	93.33	21.45	—
三龄幼虫 3rd instar	S	100.00	98.21	98.65	100.00	100.00	100.00	93.53
	H	100.00	100.00	98.12	100.00	77.42	20.00	—
幼虫 Whole larval stage	S	96.65	94.89	98.63	98.31	98.65	100.00	70.99
	H	98.46	98.31	92.36	85.50	56.77	1.48	—
蛹 Pupa	S	74.04	82.89	94.44	95.00	81.11	82.86	0.00
	H	68.42	73.33	67.50	59.32	15.97	0.00	—
世代 Generation	S	62.75	75.01	88.62	85.92	73.56	76.60	0.00
	H	50.94	64.03	50.07	40.48	8.11	0.00	—

2.3 温度对成虫寿命及繁殖的影响

在实验温度条件下,美洲斑潜蝇雌成虫的寿命(Y)随温度(x)的变化呈显著的抛物线关系: $Y = -0.3280X^2 + 15.8159X - 163.5390 (r^2 = 0.9453)$,而南美斑潜蝇雌成虫的寿命(Y)与温度(x)之间呈显著的线性相关: $Y = -2.3356X + 83.234 (r^2 = 0.9848)$ (图 2)。在各温度下,两种斑潜蝇雄虫的平均寿命均明显短于雌虫。

表 5 温度对美洲斑潜蝇(S)和南美斑潜蝇(H)成虫寿命及繁殖的影响

Table 5 Effect of temperature on the longevity and fecundity of the adults of *L. sativae*(S) and *L. huidobrensis* (H)

温度(℃) Temperature		20.0	22.5	25.0	27.5	30.0
寿命(d)	♀	S 20.67±5.18	28.05±13.01	27.14±9.01	21.25±5.49	16.77±5.81
	H	35.14±11.27	33.38±7.32	23.90±5.34	18.33±2.85	13.47±3.63
Longevity	♂	S 15.62±4.05	16.36±7.45	11.11±7.94	10.90±7.00	9.85±5.87
	H	9.07±3.12	16.56±6.15	12.83±5.53	8.11±3.66	8.26±3.63
产卵前期(d)	S	5.95±3.68	2.65±1.07	2.17±0.80	1.92±0.69	1.68±0.57
Preoviposition period	H	4.31±1.45	4.04±2.24	3.58±1.51	3.00±1.50	2.89±1.63
产卵期(d)	S	15.00±4.41	22.89±12.15	22.50±8.99	16.27±5.70	14.18±5.88
Oviposition period	H	27.20±11.52	23.46±8.92	19.80±3.74	13.50±3.32	7.73±3.51
平均产卵量	S	114.60±76.20	338.90±210.80	382.80±175.90	399.00±241.30	425.30±191.50
No. egg laid per female	H	416.10±221.80	391.70±334.60	487.90±125.40	254.30±129.70	52.30±69.00

在 22.5~30℃ 范围内,美洲斑潜蝇产卵前期较南美斑潜蝇短 1.1~1.6d,但 20℃ 时其产卵前期明显延长;在较低温度下,南美斑潜蝇产卵期较美洲斑潜蝇更长,但 25℃ 以上时,其产卵期随寿命的迅速缩短而相应减少,相比之下短于美洲斑潜蝇。

温度对两种斑潜蝇雌成虫的平均产卵量均有明显影响。美洲斑潜蝇、南美斑潜蝇平均产卵量(Y)与温度(X)之间的关系,可分别用以下抛物线方程加以拟和: $Y = -4.8417X^2 + 269.3464X - 3315.2981 (r^2 = 0.9693)$, $Y = -7.8274X^2 + 356.7716X - 609.2098 (r^2 = 0.9560)$ (图 4)。

比较表明,两种斑潜蝇产卵繁殖的适宜温度范围偏高,而南美斑潜蝇在相对较低的温度条件下寿命较长,产卵量较大。同时,在适宜的环境温度下,两种斑潜蝇都有很强的产卵繁殖能力。

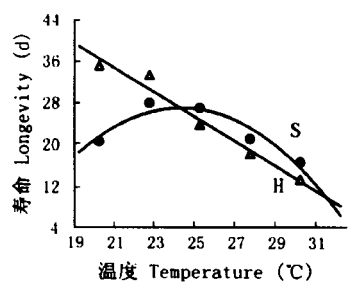


图 3 美洲斑潜蝇(S)和南美斑潜蝇(H)雌成虫寿命与温度之间的关系

Fig. 3 Relationship between temperature and longevity of the female adults of *L. sativae*(S) and *L. huidobrensis*(H)

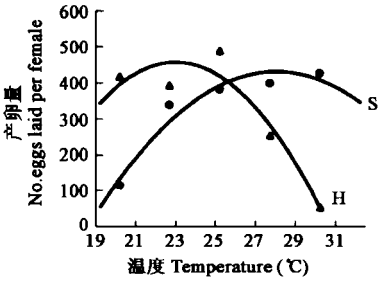


图 4 美洲斑潜蝇(S)和南美斑潜蝇(H)雌成虫产卵量与温度之间的关系

Fig. 4 Relationship between temperature and No. Eggs laid by per female of *L. sativae*(S) and *L. huidobrensis* (H)

2.4 温度对两种斑潜蝇种群增长的影响

2.4.1 生殖力表的组建 根据不同温度下两种斑潜蝇各发育阶段的存活率及雌成虫繁殖力的资料,按照 Birth^[12]及吴坤君的方法^[13]分别组建了美洲斑潜蝇在 20.0、22.5、25.0、27.5、30.0℃下,南美斑潜蝇在 20.0、22.5、25.0、27.5℃下实验种群的生殖力表,本文仅以 25℃下的生命表为代表(图 5,图 6)。

由生命表资料求出了两种斑潜蝇在各温度下主要的种群增长参数,包括内禀增长率(r_m)、周限增长率(λ)、净增殖率(R_0)、平均世代时间(T)及种群加倍时间(t)(表 6)。在 27.5℃时,美洲斑潜蝇实验种群的内禀增长率(r_m)、周限增长率(λ)均达到最大,而种群加倍时间(t)最短;20℃下该实验种群的 r_m 值、 λ 值及 R_0 均最低,而平均世代时间(T)及种群加倍时间(t)最长。分析表明,27.5~30℃的恒温条件最适于美洲斑潜蝇种群增长,而 20℃以下的较低温度不适于种群的生存与繁衍。在 25℃时,南美洲斑潜蝇实验种群的内禀增长率(r_m)、周限增长率(λ)均达到最大,而种群加倍时间(t)最短;但温度达到 27.5℃时,其 r_m 值、 λ 值及净增殖率(R_0)均急剧下降,而 t 值最大,表明高温对南美斑潜蝇种群的增长十分不利。

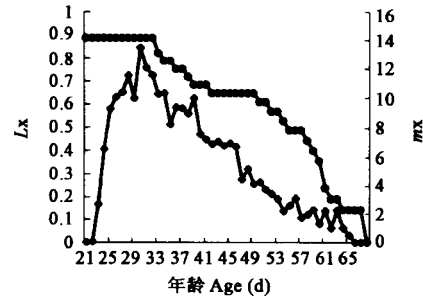


图 5 20℃下美洲斑潜蝇实验种群的生殖力表
Fig. 5 Fertility table for experimental population of *L. sativae* at 25℃

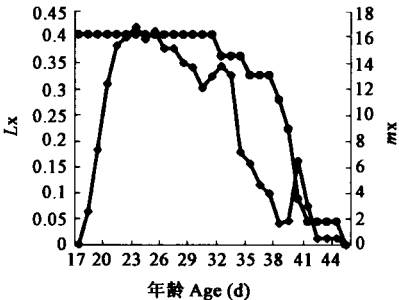


图 6 25℃下南美斑潜蝇实验种群的生殖力表
Fig. 6 Fertility table for experimental population of *L. huidobrensis* at 25℃

2.4.2 稳定年龄组配和最大瞬时出生率、最小瞬时死亡率 内禀增长率(r_m)是衡量一个物种种群增长能力的重要指标,从理论上讲,它是指在稳定年龄组配下种群最大瞬时出生率与最小瞬时死亡率之差。按照

Birth 的方法^[12]求得了两种斑潜蝇实验种群在不同温度下的稳定年龄组配和最大瞬时出生率(b)、最小瞬时死亡率(d)。可以发现,在各温度条件下,两种斑潜蝇的未成熟期在稳定年龄组配中均占有很高的比例,其中又以卵期和幼虫期比例较高,而成虫期比例大多不到 3%。

表 6 不同温度下美洲斑潜蝇实验种群的生命表参数

Table 6 Life table parameters of experimental population for <i>L. sativae</i> at different constant temperatures						
种类 Species	温度(℃) Temperature	r_m	λ	R_0	T	t
美洲斑潜蝇 <i>L. sativae</i>	20.0	0.0970	1.1019	37.9695	38.6531	7.1454
	22.5	0.1678	1.1827	195.3238	35.7741	4.1305
	25.0	0.1878	1.2066	149.3305	31.0718	3.6906
	27.5	0.2294	1.2578	141.8354	23.7988	3.0214
	30.0	0.2261	1.2537	162.5717	21.2919	3.0655
南美斑潜蝇 <i>L. huidobrensis</i>	20.0	0.1205	1.1281	128.6478	43.5088	5.7523
	22.5	0.1382	1.1482	103.3762	37.3988	5.0155
	25.0	0.1825	1.2002	94.0526	26.8359	3.7981
	27.5	0.0952	1.0999	9.3728	23.8624	7.2810

表 7 不同温度下两种斑潜蝇实验种群稳定年龄组配及最大瞬时出生率(b)、最小瞬时死亡率(d)

Table 7 Stable age distribution, instantaneous natality and instantaneous mortality for the experimental populations of two leafminers							
种类 Species	温度(℃) Temperature	各发育期在稳定年龄组配中所占比例(%) Proportion of each stage in the stable age distribution				b	d
		卵 Egg	幼虫 Larva	蛹 Pupa	成虫 Adult		
美洲斑潜蝇 <i>L. sativae</i>	20.0	36.15	47.49	13.44	2.88	0.3739	0.2769
	22.5	42.41	45.59	9.73	2.73	0.6438	0.4760
	25.0	39.15	46.37	12.22	2.25	0.7636	0.5758
	27.5	39.25	54.81	5.07	0.87	0.9991	0.7697
	30.0	30.35	51.38	15.11	3.17	0.9651	0.7620
南美斑潜蝇 <i>L. huidobrensis</i>	20.0	32.82	55.63	9.04	2.50	0.4936	0.3732
	22.5	28.33	60.53	8.34	2.81	0.7166	0.5784
	25.0	44.04	49.02	5.44	1.51	0.9769	0.7944
	27.5	32.46	61.24	4.53	1.73	0.6082	0.5130

3 讨论

3.1 相同室内条件下的比较研究表明,温度对两种斑潜蝇实验种群的发育、存活及繁殖均有直接影响,且两种斑潜蝇对温度的适应性上存在着明显的差异。美洲斑潜蝇适应的温度范围较广,在相对较高的适温条件下,其发育速度快,存活率高,繁殖力强;南美斑潜蝇适应生存的温度范围相对较窄,且适温范围偏低,高温明显不利于种群的生存与繁衍。

3.2 昆虫种群的丰盛度主要是由种群的发育速率、存活率及生殖能力综合决定的。在综合考虑了上述因素的基础上,内禀增长率(r_m)作为衡量种群增殖能力的重要指标,能够为不同昆虫自然种群丰盛度的比较研究提供重要的理论依据^[13]。从室内实验结果来看,美洲斑潜蝇实验种群在高于 22.5℃ 的温度条件下,内禀增长率均高于南美斑潜蝇。从目前这两种斑潜蝇在国内分布及为害的情况来看,美洲斑潜蝇分布更为广泛,为害更为严重,而南美洲斑潜蝇则主要在气候较为温和或相对冷凉的地区容易暴发成灾,这与两种斑潜蝇对于温度条件适应性上的差异有密切关系,也与两种斑潜蝇内禀增长率的比较结果相符。在相对较高的温度条件下,美洲斑潜蝇内禀增长率高,种群增长迅速,极易短时期内暴发成灾。但同时应该看到,在适温条件下,南美斑潜蝇也有很强的种群增殖能力。在我国一些气候较为温和的地区(如云南、四川攀西地区等地),该害虫一年四季均可发生^[9,14,15],虫源积累量大。同时,与美洲斑潜蝇相比,其寄主范围更广,取食能

力更强, 受害场所更隐蔽, 防治更为困难^[16], 在暴发地区常常给当地的蔬菜及经济作物造成严重损失, 甚至导致毁产绝收。因而, 对于该害虫今后可能的蔓延及危害趋势仍然不容丝毫忽视。

3.3 有关温度对美洲斑潜蝇种群动态的影响, 国内外已见一些报道, 但由于地方种群、研究方法等的不同, 使得研究结果之间有较大差异。例如, 仅就美洲斑潜蝇世代发育起点温度和有效积温来看, 不同报道之间的差异就分别达 4.8℃和 103.1 日度^[1,17]。已有研究证实, 寄主植物对美洲斑潜蝇和南美斑潜蝇的生长发育有明显影响^[18,19], 因而温度对两种斑潜蝇种群的作用也与寄主植物的种类有密切关系。同样以豇豆为食料, 曾毅等^[20]报道美洲斑潜蝇实验种群的世代发育起点温度及有效积温分别为 10.8℃和 218.9 日度, 结果与本文相似, 而宫亚军等^[21]以黄瓜为美洲斑潜蝇实验种群的寄主植物, 得到其世代发育起点温度及有效积温分别为 9.8℃和 270.7 日度, 与本研究的观察结果有一定差异。

除温度和寄主植物以外, 湿度、降水、天敌、光照条件等环境条件也是影响斑潜蝇种群发生及数量变动的重要因素^[24~28], 在研究这两种斑潜蝇的种群动态及发生规律时, 必须对上述因素综合加以考虑。

参考文献

[1] 农业部全国植保总站. 瓜菜斑潜蝇. 北京: 中国农业出版社, 1995.

[2] Parrella M P. Biology of *Liriomyza*. *Ann Rev Entomol.*, 1987, **32**: 201~224.

[3] 陶 滔, 张智英, 余宇平. 南美斑潜蝇的发生与防治. *植物保护*, 1996, **22**(1): 41~42.

[4] 王春林. 斑潜蝇对中国瓜菜作物的严重威胁与检疫对策. *植物检疫*, 1997, **11**(增刊): 57~59.

[5] 刘松林, 等. 赴美考察美洲斑潜蝇防治与研究情况. *植物检疫*, 1997, **11**(5): 318~320.

[6] Shepard B M, *et al.* Seasonal incidence of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on vegetable in Indonesia. *International Journal of Pest Management*, 1998, **44**(1): 43~47.

[7] Spencer K A. Agromyzidae (Diptera) of economic importance. *Ser Entomol.*, 1973, **9**: 1~418.

[8] 王 音, 雷仲仁, 赵光文. 京郊蔬菜上潜叶蝇种群动态调查. *植物保护*, 1998, **24**(4): 10~14.

[9] 余宇平, 张智英, 王剑文. 昆明蔬菜地南美斑潜蝇种群动态调查. *植物保护*, 1999, **25**(1): 27~28.

[10] 李典谟, 王莽莽. 快速估计发育起点温度及有效积温法的研究. *昆虫知识*, 1986, **3**: 183~187

[11] 王如松, 兰仲雄, 丁岩钦. 昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究. *生态学报*, 1982, **2**(1): 47~56.

[12] Birch I C. The intrinsic rate of natural increase in an insect population. *J Anim. Ecolo.*, 1948, **17**: 15~26.

[13] 吴坤君, 陈玉平, 李明辉. 温度对棉铃虫实验种群生长的影响. *昆虫学报*, 1980, **23**(4): 358~367.

[14] 蒋小龙, 丁元明, 王龙文. 拉美斑潜蝇在云南的发生与防治. *植物检疫*, 1997, **11**(增刊): 20~23.

[15] 范京安, 彭 炜, 王 异, 等. 南美斑潜蝇在四川的发生与防治. *植物检疫*, 1998, **12**(6): 344~346.

[16] 王 音, 雷仲仁, 问锦曾. 南美斑潜蝇的形态特征及为害特点. *植物保护*, 1997, **24**(5): 30~31.

[17] Oatman E R, Micheibacher A E. The melon leafminer *Liriomyza pictella* (Thomson) (Diptera: Agromyzidae) II. Ecological studies. *J Econ Entomol.*, 1959, **52**(1): 83~89.

[18] 张桂芬, 朱伟旗, 刘春辉. 寄主植物对美洲斑潜蝇各虫态发育历期的影响. *植物保护学报*, 1998, **25**(1): 11~13.

[19] Parrella M P, Bethke J A. Biological studies of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on chrysanthemums, aster and pea. *J Econ Entomol.*, 1984, **77**(2): 342~345.

[20] 曾 毅, 李人柯, 林镜英. 美洲斑潜蝇发育起点及有效积温研究. *昆虫知识*, 1998, **35**(2): 97~98.

[21] 宫亚军, 石宝才, 王 军, 等. 温度对美洲斑潜蝇生长发育的影响. *植物保护*, 1999, **25**(1): 8~11.

[22] 何金英, 邓望喜, 杨石城. 美洲斑潜蝇自然种群生命表及飞行能力的研究. *植物检疫*, 1998, **12**(4): 193~197.

[23] Olivera C R, *et al.* Influence of *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzida) and their host plants, on oviposition by *Opius dissitus* females (Hymenoptera: Braconidae). *Ann Appl Biol.*, 1996, **128**: 399~404.

[24] Pettitt F L. Effect of photoperiod on larval emergence and adult eclosion rhythms in *Liriomyza sativae* (Diptera : Agromyzidae). *Florida Entomol.*, 1991, **74**(4): 581~584.