

空气和土壤湿度对美洲斑潜蝇发育与存活的影响

张慧杰,段国琪*,张战备,许爱玲,张丽萍,王娇娟

(山西省农业科学院棉花研究所,运城 044000)

摘要:美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* 在相对含水量 0%~100%(W/W)的土壤中均可化蛹,但以含水量为 40%的土壤化蛹量最高,占总蛹数的 30.0%。以相对含水量为 100%的土壤化蛹量最低,占总蛹数的 4.2%。不同土壤含水量对该蝇的羽化具有明显的影响,在 30℃时,以相对含水量为 60%的土壤最适于蛹的发育,其蛹期最短(7.50d),羽化率最高(93.3%)。反之,淫湿(相对含水量为 100%)和干涸(相对含水量为 0%)的土壤均不利于蛹的发育,其蛹期延长(依次为 8.17d 和 8.0d),羽化率明显降低(依次为 13.3%和 10.0%)。在空气相对湿度(RH)为 0%、52%、76%和 100%,室温为 30℃的处理中,蛹的失水率随其日龄的增高而增加。在蛹羽化的前 1d,高湿(RH100%)处理的失水率为 10.1%,低湿处理(RH0%)为 41.6%,对照(RH76%)为 18.2%。在各 RH 下,蛹 1 日龄后的逐日累计失水率都与它们的日龄呈明显的线性关系。在 30℃,蛹在 8h 内测定的表皮渗透力最大为 2.59μg/(cm²·h·mmHg)。

关键词:美洲斑潜蝇;湿度;羽化;水分动态;表皮渗透力

Effect of air and soil humidity on development and survival of *Liriomyza sativae*

ZHANG Hui-Jie, DUAN Guo-Qi, ZHANG Zhan-Bei, XU Ai-Ling, ZHANG Li-Ping, WANG Jiao-Juan
(Cotton Research Institute, Shanxi Academy of Agri. Sci., Yuncheng, Shanxi 044000). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3): 538~541.

Abstract: *Liriomyza sativae* is one of exotic pest insects in China. The indoor experimental results showed that the miners could become pupae in the soil of 0%~100%(W/W) relative water content (SRWC), with the highest pupation rate (30.0%) in the soil of 40% SRWC and the lowest pupation rate (4.2%) in the soil of 100% SRWC. The emergence rates (ER) of pupae were significantly affected by different soil RWC. At 30℃, 60% SRWC was the most suitable for pupal development and the leaf miners had the shortest pupal duration (7.50d) and the highest ER (93.3%). On the contrary, it was unfavorable for pupal development in the soil of high humidity (SRWC 100%), in which pupation took 8.17d and ER was 13.3%, and in dry soil (SRWC 0%), in which pupation lasted for 8.01d and ER was 10.0%. At the room temperature of 30℃ and 4 air RH (i.e. 0%, 52%, 76% and 100%), the water lose rate (WLR) of pupae increased with the increase of pupal age in day(s). The day before emergence, WLR was 10.1% for RH 100%, 41.6% for RH 0% and 18.2% for the control RH 76%. After the first day in the pupal stage, there existed an obvious linear relation between WLR of pupae accumulated by day and pupal age in day(s) at each RH above-mentioned. At 30℃, the greatest cuticular permeability of pupae tested in 8h was 2.59μg/(cm²·h·mmHg).

Key words: *Liriomyza sativae*; humidity; emergence; water loss; cuticular permeability

文章编号:1000-0933(2004)03-0538-04 中图分类号:Q143 文献标识码:A

美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* Blanchard 是一种多食性害虫,是南、北美洲为害最重的潜蝇种类之一^[1]。目前世界上有近 40 个国家将此列为一类检疫对象^[1,2]。该虫 1993 年传入我国^[3],1997 年虫害蔓延到全国 25 个省、市和自治区^[4],严重时可能造成作物减产 30%~50%,甚至绝收,给我国的蔬菜生产构成了严重的威胁。

基金项目:山西省科技厅资助项目(961013)
收稿日期:2002-11-02;修订日期:2003-12-25
作者简介:张慧杰(1957~),男,河南省偃师市人,研究员,主要从事昆虫生态学研究。
* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: mhskyb@public.yc.sx.cn
致谢:中国科学院动物研究所吴坤君先生提供部分资料并给予大力帮助,在此深表谢意。

Foundation item: the project was financially supported by Scientific and Technological Department of Shanxi Province(No. 96103)
Received date: 2002-11-02; **Accepted date:** 2003-12-25
Biography: 张慧杰, 1957 年生, 山西省偃师市人, 研究员, 主要从事昆虫生态学研究。

美洲斑潜蝇在国外研究历史较长,而在我国起步较晚。自 1993 年该蝇侵入我国后,各地相继开展了大量的研究,其选题定位主要集中在害虫的地理分布、寄主种类、寄主适合度、生命表、天敌种类、生活史与习性、应急防治技术等方面^[3~17]。在技术和理论上的研究积累与国际水平有较大的差距^[17],尤其是此虫的种群密度受气候条件影响很大,其年际间种群突增突减的原因至今没有圆满地解释。所以借助其它害虫研究的最新成果^[18],深入研究美洲斑潜蝇种群动态与环境因子之间的关系是其防治策略的核心内容。本文旨在明确空气和土壤湿度对美洲斑潜蝇发育和存活的影响,为进一步研究此虫暴发的生态学机制及其种群监测提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 老熟幼虫和蛹 在 30℃,14L:10D 条件下,经人工饲养而获得的发育较为一致的老熟幼虫和蛹。

1.1.2 土壤 在 130℃高温下烘干至恒重,按常规方法求得其饱和含水量为 27.4%。根据试验要求配制相对含水量为 0%,20%,40%,60%,80%和 100%(W/W)的土样。配制相对湿度为 20%,40%和 60%的土壤时边加水边搅拌,配好后在密闭条件下稳定 3d 待用。配制相对湿度为 80%和 100%的土壤时,直接将烘干土加入容器,注入定量的水,不用搅拌(以免破坏土壤结构),等水完全渗透时即可使用。

1.1.3 化蛹室 在直径 15cm,高 2.8cm 的培养皿内,以圆心为中心点,用非吸水性材料将培养皿隔成 6 个容积相等的小室(每小室容积为 73.6cm³),然后将 1.1.2 中 6 种含水量不同的土壤随机填满小室,加盖备用。

1.1.4 羽化室 在一次性塑料杯中加入“1.1.2”中 6 种不同含水量的土样,土厚 5cm。盖子内壁涂凡士林。

1.1.5 培养室 在 30℃下,用 NaCl 的过饱和溶液在容积约 2L 的干燥器内控制 76%的相对湿度(RH);用 NaHSO₄ 造成 52%的 RH;用烘干后的无水 CaCl₂ 和蒸馏水控制 0%和 100%的 RH。其中,以 RH76%为对照。上述处理在稳定 3d 后开始使用。

1.2 方法

1.2.1 老熟幼虫化蛹对不同土壤湿度的选择性 在化蛹室的中心点接老熟幼虫 40 头,接虫后将化蛹室加盖在弱光下培养。次日检查各小室中的蛹数。试验重复 3 次。

1.2.2 不同土壤含水量对蛹羽化的影响 在每个羽化室接化蛹当日的蛹 10 头,覆土 1.5cm,加盖。在 30℃条件下培养。每种含水量的土壤处理重复 3 次,共计 18 个处理。培养 5d 后,逐日检查羽化室中的成虫数。

1.2.3 蛹在极端湿度下的失水动态及表皮渗透力的测定 蛹期失水动态在室温 27℃下测定。将化蛹当日的蛹放入废弃的盛胶囊药物的空穴中,每穴 15 头,分别置于 1.1.5 的培养室内。每处理重复 3 次。自化蛹次日起逐日测定其鲜重直至羽化。

表皮渗透力(CP)测定,用化蛹次日的群体(70 头),在 30℃,RH0%条件下,处理 0、2、4、8、12 和 24h 后测定,重复 3 次,然后计算个体不同时间的鲜重。表皮渗透力的计算公式为: $CP = (W_2 - W_1) / (S \cdot T \cdot SD)^{[18]}$,其中($W_2 - W_1$)为连续两次测定的差重; S 为表面积(cm²),按 Meeh 公式计算: $S = KW^{2/3}$ (K 是物种常数,取 12; W 是起始鲜重,单位 g); T 是处理时间(h); SD 是饱和气压差(mmHg),在 30℃时, SD 取值 31.842 mmHg。

2 结果

2.1 老熟幼虫化蛹对不同土壤湿度的选择性

由表 1 可知,美洲斑潜蝇老熟幼虫化蛹对土壤湿度的适应范围较大,在相对含水量 0~100%的土壤中均可化蛹,但以含水量为 40%的土壤化蛹量最高,占总蛹数的 30.0%。以相对含水量为 100%的土壤化蛹量最低,占总蛹数的 4.2%。

2.2 不同土壤含水量对蛹羽化的影响

不同土壤含水量对美洲斑潜蝇蛹的羽化具有明显的影响(表 2),从蛹期和羽化率来看,均以含水量为 60%的土壤最适于蛹的发育,表现在蛹期最短(7.50 d)、羽化率最高(93.3%)。反之,高湿 RH100%和干涸(RH 为 0)的土壤都不利于蛹的发育,其蛹期延长(依次为 8.17d 和 8.0d),羽化率明显降低(依次为 13.3%和 10.0%)。

2.3 蛹在极端湿度下的失水动态

在 4 个空气 RH 的处理中,均以 0~1 龄蛹的净失水量最高,分别为 3.0%(RH100%),10.1%(RH76%),13.0%(RH52%)和 19.0%(RH0%)。之后,随着蛹龄的增高,其失水率缓慢增长。在蛹羽化的前 1d,高湿(RH100%)和中湿

表 1 美洲斑潜蝇老熟幼虫化蛹对不同土壤湿度的选择性
Table 1 The pupating selectivity of *L. sativae* mature larvae to different soils of relative water content

土壤相对含水量(%)SRWC	蛹数±标准误 ^① Num. of pupa±SE	重复数 Replications	占总蛹数(%) MUTNP
0	6.3±1.5bcd	3	15.8
20	7.7±1.8abc	3	19.2
40	12.0±2.6a	3	30.0
60	9.7±1.7ab	3	24.2
80	2.7±0.3cd	3	6.7
100	1.7±0.9d	3	4.2

SRWC Soil relative water content;MUTNP Making up the total No. of pupa; ①根据新复极差测验,同一列标有相同字母的平均数表示其差异不显著($P=0.05$) Mean in the same column followed by a common letter do not differ significantly($P=0.05$) according to Duncan's test

($RH76\%$, $RH52\%$)处理蛹的累计失水率依次为 10.1%、18.2%和 23.0%,而低湿处理 RH 为 0 的失水率高达 41.6%,不同湿度处理的失水率曲线明显的分布在不同的区域(图 1)。

在各 RH 下,1 日龄后,蛹的逐日累计失水率都与它们的日龄呈明显的线性关系,二者之间的回归分析见表 3。

不同湿度处理对蛹期没有明显的影响,而对蛹的羽化率影响较大。在 $RH\ 52\%\sim 100\%$ 条件下,蛹的羽化率为 75.6%~84.4%,但在 RH 为 0 条件下,其羽化率仅有 22.2%。根据统计分析结果,空气 $RH52\%$ 、76%和 100% 3 个处理间蛹的羽化率无显著差异,而空气 RH 为 0 的处理与其他 3 个处理间蛹的羽化率则差异显著($P=0.05$)。表中 $RH52\%\sim 100\%$ 之间的羽化率没有差别。

2.4 蛹的表皮渗透力

通过对美洲斑潜蝇蛹的表皮渗透力的测定发现(图 2),在不同时段,蛹的表皮渗透力有两个高峰,分别出现在最初的 2h 和 8h 内,以 8h 内的表皮渗透力最高,达 $2.59\mu\text{g}/(\text{cm}^2\cdot\text{h}\cdot 133.322\text{ Pa})$ 。8h 后,随着测定时间的延长,它们的表皮渗透力明显降低,24h 时其值仅有 $0.43\mu\text{g}/(\text{cm}^2\cdot\text{h}\cdot 133.322\text{ Pa})$ 。

3 讨论

3.1 由本文和以往研究^[13]可知,土壤高湿、干涸和板结对美洲斑潜蝇的羽化具有极大的抑制作用。由此,可解释多雨和干旱年份该虫发生时间晚、种群密度低的原因,这对美洲斑潜蝇的监测有着重要的指导意义。

蔬菜日光温室栽培目前在我国北方地区发展非常迅速。鉴于温室是个相对封闭的小环境,上棚前或棚内蔬菜换茬时,首先清除杂草和作物残体,然后通过浇透水即可有效地减少虫源。

3.2 由试验结果可知,美洲斑潜蝇蛹在 4 个空气 RH 下,均以 0~1 日龄蛹的净失水量最高,随后的失水率缓慢增加,这可能与 0~1 日龄蛹的表皮尚未完全几丁化,其防止水分散失的能力较差有关。同时还观察到,空气高湿对蛹的发育影响较小,而低湿对蛹的发育影响较大,此主要与蛹的失水率高低的密切的关系。至于蛹在高湿土壤中羽化率较低的原因,可能是土壤水分过多,使土壤的气水比减小,而影响了蛹的发育。

3.3 吴坤君等^[18]研究棉铃虫蛹在极端湿度下的失水动态时,曾用同日龄蛹的干重来间接计算蛹的含水量。由于美洲斑潜蝇蛹个体小,重量差别大,试验时用同日龄蛹的干重来间接计

表 2 不同土壤相对湿度对美洲斑潜蝇蛹的影响

Table 2 Effect of different soils of relative water content on *L. sativae* pupa

土壤相对含水量 SRWC(%)	蛹期(d)±标准误① Pupa duration (d)±SE	重复数 Replications	羽化率(%)±标准误① Eclosion±SE
0	8.00±0.00	3	10.0±5.4b
20	7.52±0.12	3	83.3±6.8a
40	7.56±0.03	3	76.6±7.7
60	7.50±0.06	3	93.3±4.6a
80	8.00±0.00	3	16.7±6.8b
100	8.17±0.17	3	13.3±6.1b

SRWC Soil relative water content;①根据新复极差测验,同一列标有相同字母的平均数表示其差异不显著($P=0.05$) Mean in the same column followed by a common letter do not differ significantly ($P=0.05$) according to Duncan's test

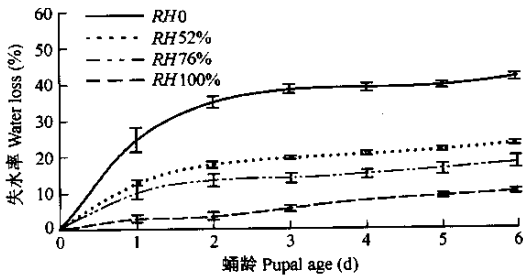


图 1 美洲斑潜蝇蛹在极端湿度下的失水动态
Fig. 1 Water loss dynamics in *L. sativae* pupa at RH extremes

表 3 美洲斑潜蝇蛹在极端 RH 的失水率(%, y)与日龄(d, x)的关系
Table 3 Relationship between water loss(%, y) in *L. sativae* pupa and their age (d, x) at extreme RH s

空气相对湿度 $RH(\%)$	方程式 Model	r	p
0	$y=26.47+2.82x$	0.86	<0.05
52	$y=12.81+1.85x$	0.95	<0.05
76	$y=9.46+1.41x$	0.97	<0.05
100	$y=1.11+1.53x$	0.99	<0.05

表 4 美洲斑潜蝇蛹在极端湿度下的表现

Table 4 Performances of *L. sativae* pupae at extreme RH s (30℃)

空气相对湿度(%) RH	蛹期(d)±标准误① Pupa duration±SE	羽化率(%)±标准误① Eclosion±SE
0	7.50±0.25a	2.22±4.5b
52	7.09±0.06a	82.2±4.5a
76	7.06±0.04a	75.6±8.0a
100	7.10±0.06a	84.4±4.4a

①根据新复极差测验,同一列标有相同字母的平均数表示其差异不显著($P=0.05$) Mean in the same column followed by a common letter do not differ significantly($P=0.05$) according to Duncan's test

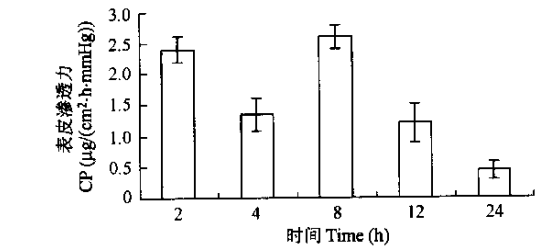


图 2 美洲斑潜蝇蛹在指定时间的表皮渗透力
Fig. 2 Cuticular permeability (CP) of *L. sativae* pupa determined for given time

算蛹的含水量误差很大,既使加大试验的重复次数,其误差也很难消除。因此,本文在研究美洲斑潜蝇蛹期失水动态时,笔者改用同一批蛹的群体鲜重为基数,逐日称量其在不同湿度下的鲜重,按以下公式计算蛹的失水率:失水率(%)=(化蛹当日蛹的鲜重—每日蛹的鲜重)×100/化蛹当日蛹的鲜重。该方法操作简单、准确度高,对研究小型昆虫蛹的失水动态可能有重要的参考价值。

References:

- [1] Kang L. *Ecology and Sustainable Control of Serpentine Leafminers*. Beijing: Science Press, 1996. 3~80.
- [2] Chen N Z, Xiao L. Spread and damage of vegetable leafminer, *Liriomyza sativae*. *Plant Quarantine*, 1995, **19**(1): 6~9.
- [3] Xie Q H, He T L, Cai D J, *et al.* Occurrence and the damage of *Liriomyza sativae* and its control. *Plant Protection*, 1997, **23**(1): 20~22.
- [4] Wang Y, Lei Z R, Wen J Z, *et al.* On the overwintering and cold hardiness of the vegetable leafminers *Liriomyza sativae*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2000, **27**(1): 32~36.
- [5] Tan W X, Zhuo G H. Occurrence and control of *Liriomyza sativae*. *China Vegetables*, 1997, (1): 27~28.
- [6] Han G Z, Li Z Z, Liu S T, *et al.* Studies on the bionomics and control of *Liriomyza sativae*. *Agriculture Universitatis Henanensis*, 1998, **32**(4): 407~409.
- [7] Li J L, Zhang J S. Occurrence and control of *Liriomyza sativae* in Shanxi. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 1998, **26**(3): 81~84.
- [8] He J Y, Deng W X, Yang S C, *et al.* Studies on life-table of experimental population of *Liriomyza sativae*. Diptera: Agromyzidae). *Acta Entomologica Sinica*, 1999, **42**(3): 291~296.
- [9] Wang D Z, Jiang Y M, You H J, *et al.* Study on development for *Liriomyza sativae* and its control in vegetable fields. *Journal of Laiyang Agricultural College*, 1999, **16**(3): 203~206.
- [10] Xu Z F, Gao Z Z, Chen X F, *et al.* Hymenopterous Parasitoids of *Liriomyza sativae* in Guangdong Province, China. *Natural Enemies of Insects*, 1999, **21**(3): 126~132.
- [11] Zeng L, Wu J J, Zhang W Q. Preliminary studies on the parasitoids of *Liriomyza sativae* in Guangdong. *Natural Enemies of Insects*, 1999, **21**(3): 113~116.
- [12] Zhang Y J, Zhu G R, Ju Z L, *et al.* Studies on the sensitivity of *Liriomyza sativae* larvae to insecticides. *Plant Protection*, 1999, **25**(4): 10~11.
- [13] Zhang H J, Li J S, Zhang L P, *et al.* Life cycle and habits of *Liriomyza sativae* in Shanxi Province, China. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2000, **6**(6): 565~571.
- [14] Yu D J, Zhang R J, Zhou C Q, *et al.* Influence of temperature on development, Survival and fecundity of *Liriomyza sativae*. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(5): 820~823.
- [15] Zhang H J, Wang H J, Li J S, *et al.* The relationship between the fitness of host plants to *Liriomyza sativae* and the structure of leaf blades. *Zoological Research*, 2001, **22**(2): 137~141.
- [16] Li S Q, Deng W X, Xie X G. Influence of different *Phaseolus vulgaris* varieties on the population parameters of *Liriomyza sativae*. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(8): 1354~1357.
- [17] Hao S G, Kang L. Effects of temperature and relative humidity on development, survivorship and food intake of *Liriomyza sativae*. *Acta Entomologica Sinica*, 2001, **44**(3): 332~336.
- [18] Wu K J, Gong P Y. Water loss dynamics during the pupal stage of the cotton bollworm at extreme humidities. *Acta Entomologica Sinica*, 2001, **44**(4): 512~517.

参考文献:

- [1] 康乐. 斑潜蝇的生态学与持续控制. 北京: 科学出版社, 1996. 3~20.
- [2] 陈乃中, 肖良. 蔬菜斑潜蝇的传播与危害. 植物检疫, 1995, **19**(1): 6~9.
- [3] 谢琼华, 何谭连, 蔡德江, 等. 美洲斑潜蝇发生危害及其防治. 植物保护, 1997, **23**(1): 20~22.
- [4] 王音, 雷仲仁, 问锦曾, 等. 美洲斑潜蝇的越冬与耐寒性研究. 植物保护学报, 1997, **27**(1): 32~36.
- [5] 谭伟雄, 卓国豪. 美洲斑潜蝇的发生规律与防治方法. 中国蔬菜, 1997, (1): 27~28.
- [6] 韩桂仲, 李自朝, 刘顺通, 等. 美洲斑潜蝇生物学特性及防治研究. 河南农业大学学报, 1998, **32**(4): 407~409.
- [7] 李俊林, 张京社. 山西省美洲斑潜蝇发生规律及防治技术研究. 山西农业科学, 1998, **26**(3): 81~84.
- [8] 何金英, 邓望喜, 杨石城, 等. 美洲斑潜蝇实验种群生命表的研究. 昆虫学报, 1999, **42**(3): 291~296.
- [9] 王典章, 姜月敏, 由洪健, 等. 美洲斑潜蝇在蔬菜田的发生与防治研究. 莱阳农学院学报, 1999, **16**(3): 203~206.
- [10] 许再福, 高泽正, 陈新芳, 等. 广东美洲斑潜蝇寄生蜂常见种类鉴别. 昆虫天敌, 1999, **21**(3): 126~132.
- [11] 曾玲, 吴佳教, 张维球. 广东美洲斑潜蝇寄生性天敌初步研究. 昆虫天敌, 1999, **21**(3): 113~116.
- [12] 张友军, 朱国仁, 剧正理, 等. 美洲斑潜蝇幼虫对杀虫剂的敏感性研究. 植物保护, 1999, **25**(4): 10~11.
- [13] 张慧杰, 李建社, 张丽萍, 等. 美洲斑潜蝇在中国山西的生活史及其主要习性. 应用与环境生物学报, 2000, **6**(6): 565~571.
- [14] 余道坚, 张润杰, 周昌清, 等. 温度对美洲斑潜蝇发育、存活及产卵量的影响. 生态学报, 2000, **20**(5): 820~823.
- [15] 张慧杰, 王会金, 李建社, 等. 不同寄主植物对美洲斑潜蝇的适合度及其与叶片结构的关系. 动物学研究, 2001, **22**(2): 137~141.
- [16] 李绍勤, 邓望喜, 谢宪高. 不同菜豆品种(系)对美洲斑潜蝇种群参数的影响. 生态学报, 2002, **22**(8): 1354~1357.
- [17] 郝树广, 康乐. 温度、湿度对美洲斑潜蝇发育、存活及食量的影响. 昆虫学报, 2001, **44**(3): 332~336.
- [18] 吴坤君, 樊佩瑜. 棉铃虫蛹期在极端湿度下的失水动态. 昆虫学报, 2001, **44**: 512~517.