应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2018, 55(5): 896–903. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2018.109

亚致死剂量杀虫剂对两种蚜虫翅型、发育和生殖的影响*

李 昭[1**] 郭 圆[1] 刘 勇[2] 王小平[1] 朱智慧[1***]

（1. 华中农业大学植物科学技术学院，武汉 430070；2. 湖南省植物保护研究所，长沙 410125）

摘 要 【目的】 研究亚致死剂量杀虫剂对桃蚜 *Myzus persicae* （Sulzer）和萝卜蚜 *Lipaphis erysimi*（Kaltenbach）翅型、发育和生殖的影响。**【方法】** 采用叶片浸渍法测定了 7 种杀虫剂对两种蚜虫的毒力，并计算了实验所需的亚致死浓度 LC_{10}；采用微虫笼法测定了 7 种杀虫剂对桃蚜和萝卜蚜翅型分化、发育和生殖的影响。**【结果】** 在 20 ℃下，烯啶虫胺延长了桃蚜的发育历期；噻虫啉显著增加了桃蚜的产仔数量。在 25 ℃，噻虫啉显著降低萝卜蚜有翅蚜比例；噻虫啉、吡虫啉、阿维菌素和烯啶虫胺延长了萝卜蚜发育历期；噻虫啉、阿维菌素、烯啶虫胺、啶虫脒和噻虫嗪显著降低了萝卜蚜产仔数量。**【结论】** 亚致死剂量的杀虫剂对桃蚜和萝卜蚜的发育历期及产仔数量均有影响，但仅对萝卜蚜的翅型比例产生影响，对桃蚜的翅型分化比例无显著影响。

关键词 杀虫剂，蚜虫，翅型分化，发育历期，生殖

The effects of sublethal levels of insecticide on the wing dimorphism, development and reproduction of two aphid species

LI Zhao[1**] GUO Yuan[1] LIU Yong[2] WANG Xiao-Ping[1] ZHU Zhi-Hui[1***]

(1. College of Plant Science & Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2. Hunan Plant Protection Research Institute, Changsha 410125, China)

Abstract [Objectives] To examine the effects of sublethal insecticides on the wing dimorphism, development and reproduction of two aphid species, *L. erysimi* and *M. persicae*. **[Methods]** The toxicity of seven insecticides to the two aphid species was measured using the leaf immersion method and their sublethal concentrations (LC_{10}) calculated. We then evaluated the effects of the seven insecticides on the wing dimorphism and biology of the two aphid species using the clip-cage method. **[Results]** At 20 ℃, itenpyram extended the developmental duration of *Myzus persicae*, whereas thiacloprid significantly reduced the number of offspring produced by *M. persicae*. At 25 ℃, thiacloprid significantly reduced the percentage of winged offspring produced by *L. erysimi*. At the same temperature, thiacloprid, imidacloprid, avermectin and acetamiprid extended the developmental duration of *L. erysimi*, whereas thiacloprid, avermectin, nitenpyram, acetamiprid and thiamethoxam significantly reduced the number of offspring produced by *L. erysimi*. **[Conclusion]** Sublethal doses of insecticides on two aphid species mainly affected the number of offspring and prolonged developmental duration. Sublethal doses of insecticides reduced the proportion of winged offspring in *L. erysimi* but not in *M. persicae*.

Key words insecticide, aphid, wing dimorphism, developmental duration, fecundity

蚜虫是重要的农业害虫类群，尤其在转基因作物技术日益成熟和被推广的今天，蚜虫这类对常用 BT 毒素不太敏感的刺吸式害虫的危害更显严重。蚜虫的危害分为直接危害和间接危害，前

*资助项目 Supported projects：国家公益性行业（农业）科研专项“蔬菜主要病毒病防控技术研究与示范”（201303028）

**第一作者 First author，E-mail：lizhao0827@webmail.hzau.edu.cn

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：zhihui@mail.hzau.edu.cn

收稿日期 Received：2017-06-09，接受日期 Accepted：2018-06-05

者主要由蚜虫吸食韧皮部汁液导致植物萎蔫引起；后者主要由蚜虫传播植物病毒病引起，且其造成的损失往往比前者还要大。

蚜虫是非持久性病毒的主要传播介体（Nault，1997），引起蔬菜病毒病的芜菁花叶病毒（TuMV）和黄瓜花叶病毒（CMV）均可由桃蚜或萝卜蚜传播。其中以桃蚜传播的病毒病最多，可达 115 种，占整个蚜传病毒的 67.7%。据统计，我国许多重要的经济作物，如烟草、花卉和多种蔬菜作物，每年因病毒病造成的直接经济损失达 10 亿美元以上（刘勇等，2003）。

蚜虫具有翅二型性，由于有翅蚜可以大范围扩散，从而介导病毒病的大范围传播，是蚜虫危害的主要表现之一。因而，防止有翅蚜的产生，是控制蚜虫危害的主要方式之一。目前蚜虫的防治主要依靠施用杀虫剂。然而，有研究表明杀虫剂的使用可刺激有翅蚜比例的增加，如用吡虫啉 LC_{50} 溶液喷洒带蚜叶片，植株上的棉蚜有翅蚜较对照显著增加（Conway *et al.*，2003）；用亚致死剂量的吡虫啉和氰戊菊酯处理桃蚜，桃蚜后代中有翅的比例显著高于对照（Wang *et al.*，2008）。因而，评价常见杀虫剂对蚜虫的翅型分化及其它生物学影响，对指导杀虫剂的使用和蔬菜病毒病的防控具有重要意义。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

桃蚜 *Myzus persicae*（Sulzer）和萝卜蚜 *Lipaphis erysimi*（Kaltenbach）采集于武汉市华中农业大学附近蔬菜地（114°35E，30°47N），于室内用小白菜饲养繁殖多代。饲养条件：温度（25±1）℃，光周期 10L：14D，湿度 70%±5%。选取 4 龄无翅桃蚜和萝卜蚜作为试虫。

1.2　叶片浸渍法

参考蚜虫毒力测定所用的浸渍法进行毒力测定（刘芳洁，2009；张新等，2011）。供试原药如表 1 所示，先将杀虫剂原药用丙酮作溶剂分别溶解配制成 5×10^{-3} g/mL 的母液，再用含 0.1% Trition-100 的蒸馏水稀释成不同浓度梯度，每个处理重复 3 次，以浸入蒸馏水作为对照。将带有大约 30 头蚜虫的小白菜叶片浸入已配好的药液中约 10 s，取出后用吸水纸吸去多余的药液，记录蚜虫总数，叶片放入有滤纸保湿培养皿（直径 9 cm）中，处理后的蚜虫置于温度（25±1）℃，相对湿度 70%±5%，光周期 10L：14D 的温室中，于 24 h 后检查试虫死亡数并计算死亡率。死亡判定标准为：用细毛笔尖轻触蚜虫腹部，不动者为死亡。

表 1　供试原药
Table 1　Experimental techinial material

原药 Techinial material	供应商 Supplier
95.80% 吡虫啉原粉 95.8% Imidacloprid	河北威远生物化工股份有限公司
98.54% 啶虫脒原粉 98.54% Acetamiprid	山东联合化工股份有限公司
97.75% 阿维菌素原粉 97.75% Abamectin	石家庄市凯利达化工有限公司
96.50% 烯啶虫胺原粉 96.50% Nitenpyram	湖北健源化工有限公司
97.50% 噻虫啉原粉 97.50% Thiacloprid	湖北健源化工有限公司
95.00% 噻虫嗪原粉 95.00% Thiamethoxam	湖北康宝泰精细化工有限公司
20.00% 氰戊菊酯乳油 20.00% Fenvalerate	江苏辉胜农药有限公司

1.3　微虫笼法

参考 Noble 等的微虫笼法测定亚致死剂量杀虫剂对蚜虫翅型分化和生殖发育的影响（臧连生，2005）。

采用活体白菜为寄主，用喷壶将杀虫剂的 LC_{10} 药液均匀喷洒叶片表面，待其自然风干。对照喷洒含有一定比例丙酮的蒸馏水；将微虫笼分别夹在叶片上，每盆夹 4-5 个叶片，每片一个微虫笼；将杀虫剂的 LC_{10} 药液处理过 24 h 后的 4 龄蚜虫小心转移到微虫笼中。每笼 20 头，对照用含有一定比例丙酮的蒸馏水处理。待其产下仔蚜后移走母蚜，每笼保留 20 头若蚜，观察记录有翅蚜的比例，每组 4-5 个重复，以测定亚致死

浓度杀虫剂对蚜虫翅型分化的影响；待其产下仔蚜后移走母蚜，每笼保持 1 头若蚜，每天观察记录若蚜脱皮及其之后的产仔数量，至蚜虫死亡，每组 10 个重复，以测定亚致死浓度杀虫剂对蚜虫发育和生殖的影响（图 1）。

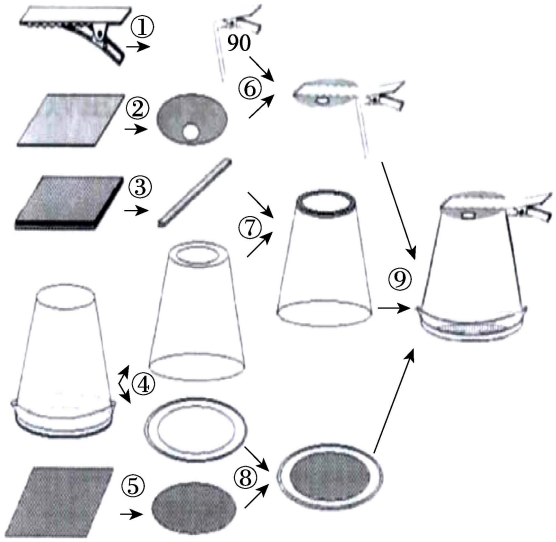

图 1　微虫笼的制作方法示意图（臧连生，2005）
Fig. 1　The manufacturing method of the clip-cage (Zang, 2005)

1.4　统计方法

运用 SPSS 18.0 统计软件进行单因素方差分析（One-way ANOVA），并采用 Tukey's 检验。进行处理间差异的多重比较分析。相关计算公式：

有翅比例=有翅蚜虫个数/处理的蚜虫总数×100%，

发育历期=若蚜出生到死亡所需要的时间，

产仔数量=开始产仔至死亡所产仔总数。

2　结果与分析

2.1　7 种杀虫剂对桃蚜的毒力测定结果

结果如表 2 所示，不同种类杀虫剂对桃蚜的毒杀效果不同。毒杀作用由强到弱依次是阿维菌素、吡虫啉、噻虫嗪、啶虫脒、氰戊菊酯、噻虫啉和烯啶虫胺。根据毒力方程计算出我们后续实验所需的亚致死浓度 LC_{10}，分别是阿维菌素 0.4 mg/L、吡虫啉 0.2 mg/L、啶虫脒 0.5 mg/L、噻虫啉 3 mg/L、噻虫嗪 0.4 mg/L、烯啶虫胺 5 mg/L、氰戊菊酯 5 mg/L。

2.2　7 种杀虫剂对萝卜蚜的毒力测定结果

结果如表 3 所示，不同种类杀虫剂对萝卜蚜的毒杀效果不同。毒杀作用由强到弱依次是阿维菌素、啶虫脒、吡虫啉、烯啶虫胺、噻虫嗪、噻虫啉、氰戊菊酯。根据毒力方程计算出我们后续实验所需的亚致死浓度 LC_{10}，分别是阿维菌素 0.05 mg/L、吡虫啉 0.2 mg/L、啶虫脒 0.01 mg/L、噻虫啉 0.8 mg/L、噻虫嗪 1 mg/L、烯啶虫胺 0.8 mg/L、氰戊菊酯 5 mg/L。

表 2　桃蚜的室内毒力测定
Table 2　Indoor toxicity measurement of seven insecticides to *Myzus persicae*

药剂 Insecticide	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 R^2 Correlation coefficient	LC_{50}（mg/L） Lethal concentration 50	95%置信区间 95% Confidence interval
阿维菌素 Abamectin	Y=2.409X-0.341	0.96	1.386	1.100-1.671
吡虫啉 Imidacloprid	Y=1.236X-0.343	0.96	1.893	1.280-2.576
啶虫脒 Acetamiprid	Y=1.195X-0.902	0.82	5.691	0-11.369
噻虫啉 Thiacloprid	Y=1.600X-2.072	0.99	19.715	16.579-22.952
噻虫嗪 Thiamethoxam	Y= 1.088X-0.769	0.94	5.089	2.194-7.464
烯啶虫胺 Nitenpyram	Y=1.636X-2.482	0.97	32.858	26.958-44.720
氰戊菊酯 Fenvalerate	Y=2.557X-3.218	0.93	18.143	15.917-21.669

表 3　萝卜蚜的室内毒力测定

Table 3　Indoor toxicity measurement of seven insecticides to *Lipaphis erysimi*

药剂 Insecticide	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 R^2 Correlation coefficient	LC_{50}（mg/L） Lethal concentration 50	95%置信区间 95% Confidence interval
阿维菌素 Abamectin	Y=1.825X+1.037	0.87	0.27	0.101-0.459
吡虫啉 Imidacloprid	Y=0.993X-0.520	0.95	3.34	2.549-4.348
啶虫脒 Acetamiprid	Y=0.418X-0.122	0.83	1.96	0-4.503
噻虫啉 Thiacloprid	Y=1.445X-1.181	0.82	6.57	3.972-19.905
噻虫嗪 Thiamethoxam	Y=1.869X-1.493	0.93	6.29	4.298-12.601
烯啶虫胺 Nitenpyram	Y=1.739X-1.159	0.97	4.64	3.620-5.680
氰戊菊酯 Fenvalerate	Y=2.851X-3.309	0.96	14.47	12.766-16.059

2.3　7 种亚致死浓度的杀虫剂对桃蚜翅型分化的影响

在室内 20 ℃和 25 ℃的条件下，7 种亚致死浓度的杀虫剂对桃蚜 F_1 代翅型分化无明显的促进或抑制作用（图 2）。由于在我们的评价体系下，25 ℃桃蚜的有翅蚜比例不高且波动范围大，可能导致无法比较其差异性。

2.4　7 种亚致死浓度的杀虫剂对萝卜蚜翅型分化的影响

在 20 ℃条件下，7 种亚致死浓度杀虫剂对萝卜蚜 F_1 代翅型分化有一定影响，但差异并不显著（图 3：A）；而在 25 ℃，噻虫啉和阿维菌素均能显著降低萝卜蚜后代中有翅蚜比例，从对照的 61.3%分别降低到 16.4%（$P < 0.05$）和 33.6%

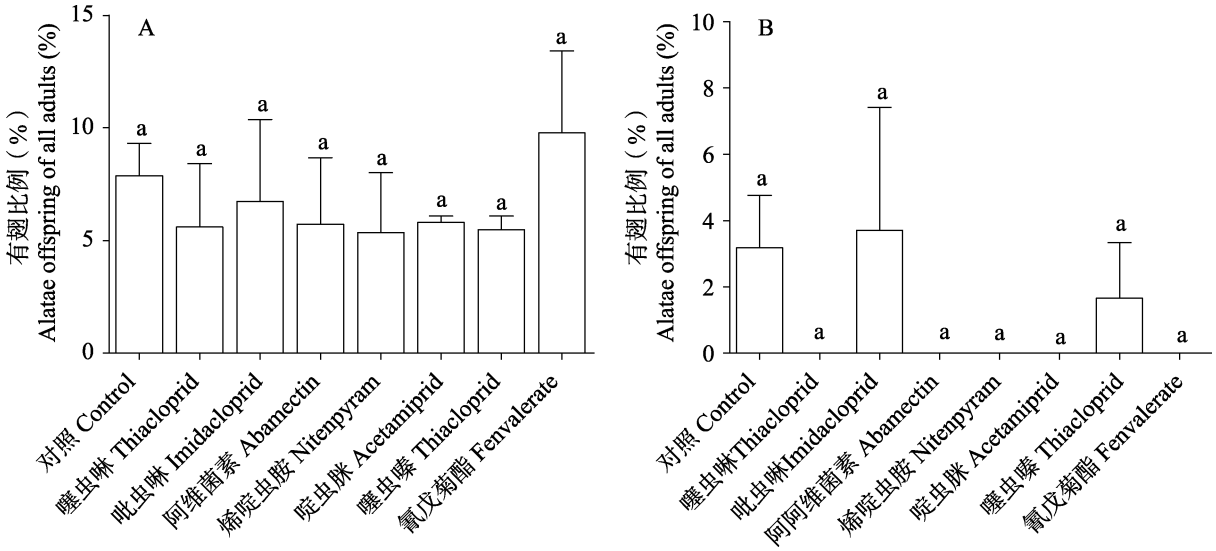

图 2　亚致死浓度杀虫剂对桃蚜翅型分化的影响

Fig. 2　Effects of sublethal concentration of insecticide on wing dimorphism of *Myzus persicae*

A. 20 ℃；B. 25 ℃.

图中数值为平均值±标准误，柱上标有不同字母表示差异显著（P<0.05，Tukey 检验）。下图同。

Date are presented as mean ±SE. Histograms with different letters are significantly different at P<0.05 by Tukey's test. The same below.

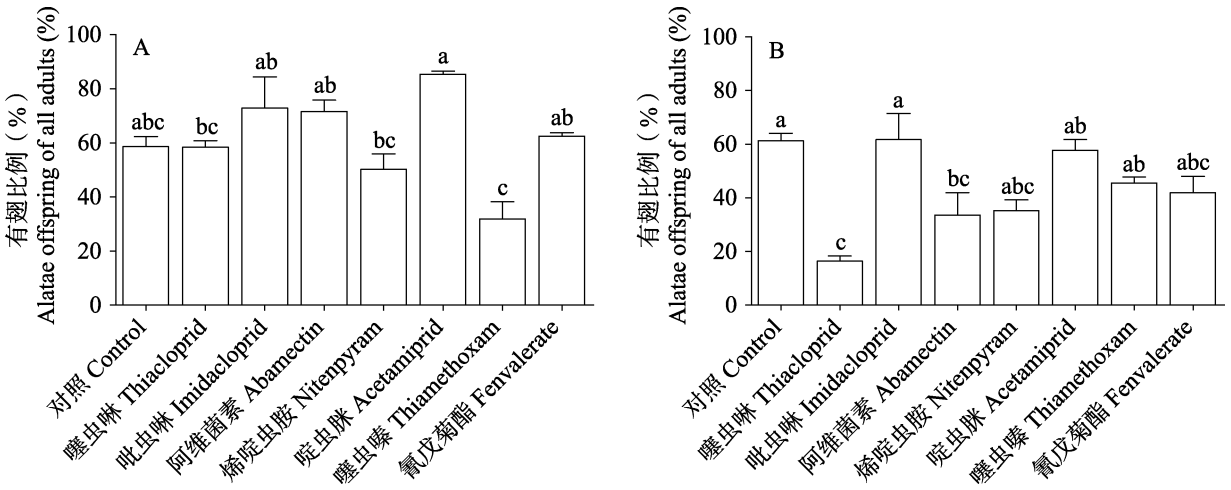

图 3　亚致死浓度杀虫剂对萝卜蚜翅型分化的影响

Fig. 3　Effects of sublethal concentration of insecticide on wing dimorphism of *Lipaphis erysimi*

A. 20 ℃；B. 25 ℃.

（$P < 0.05$），其他 5 种杀虫剂处理的萝卜蚜后代中有翅蚜比例与对照无明显差异（图 3：B）。

2.5　7 种亚致死浓度杀虫剂对桃蚜若蚜发育历期的影响

在 20 ℃下，7 种杀虫剂的亚致死浓度 LC_{10} 处理的桃蚜中，烯啶虫胺显著延长了桃蚜的发育历期，相比对照延长了 1.45 d（$P < 0.05$）（图 4：A）。其他 6 种杀虫剂处理的桃蚜后代发育历期与对照无明显差异($P > 0.05$)。在 25 ℃下，7 种杀虫剂的亚致死浓度 LC_{10} 处理的桃蚜后代发育历期与对照亦无明显差异（$P > 0.05$）（图 4：B）。

2.6　7 种亚致死浓度杀虫剂对萝卜蚜若蚜发育历期的影响

在 20 ℃下，7 种杀虫剂的亚致死浓度 LC_{10} 处理的萝卜蚜后代发育历期与对照无明显差异（$P > 0.05$）（图 5：A）。在 25 ℃下，噻虫啉、吡虫啉、阿维菌素和烯啶虫胺均显著延长了萝卜蚜发育历期（$P < 0.05$），与对照相比分别延长

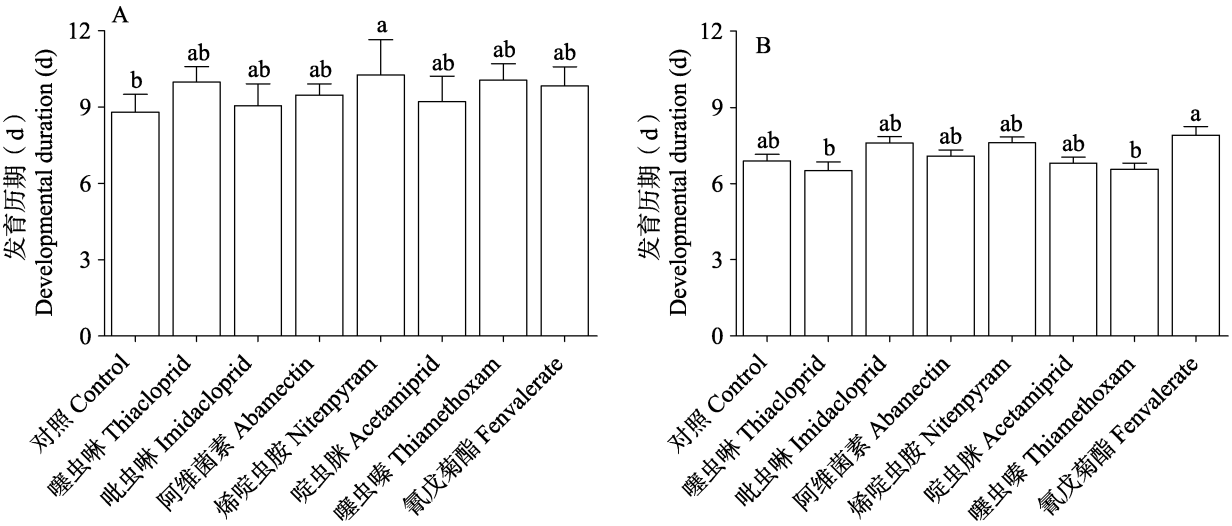

图 4　亚致死浓度杀虫剂对桃蚜发育历期的影响

Fig. 4　Effects of sublethal concentration of insecticide on developmental duration of *Myzus persicae*

A. 20 ℃；B. 25 ℃.

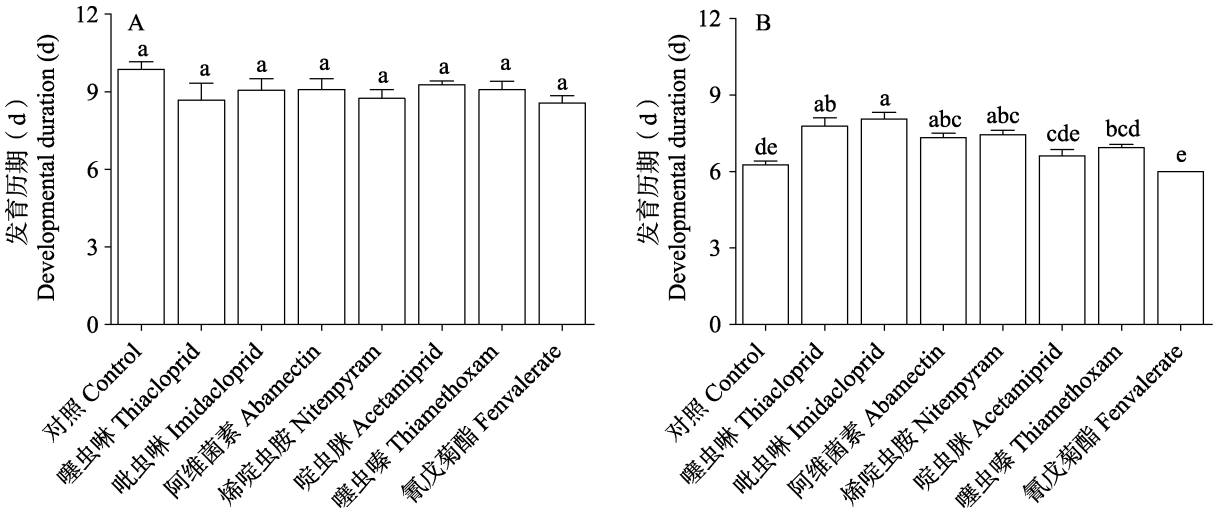

图 5　亚致死浓度杀虫剂对萝卜蚜发育历期的影响

Fig. 5　Effects of sublethal concentration of insecticide on developmental duration of *Lipaphis erysimi*

A. 20 ℃；B. 25 ℃.

1.52、1.8、1.07、1.18 d（图 5：B）。

2.7　7 种亚致死浓度杀虫剂对桃蚜产仔总数的影响

在 20 ℃下，噻虫啉显著增加了桃蚜的产仔数量，与对照相比增加了 1.39 倍（$P < 0.05$），而其他 6 种杀虫剂没有表现出显著刺激或抑制桃蚜的生殖（$P > 0.05$）（图 6：A）。在 25 ℃下，7 种杀虫剂亚致死浓度 LC_{10} 处理的桃蚜产仔总数与对照无明显差异（$P > 0.05$）（图 6：B）。

2.8　7 种亚致死浓度杀虫剂对萝卜蚜产仔总数的影响

在 20 ℃下，7 种杀虫剂的亚致死浓度 LC10 处理的萝卜蚜产仔总数与对照均无明显差异（$P > 0.05$）（图 7：A）。在 25 ℃，噻虫啉、阿维菌素、烯啶虫胺、啶虫脒和噻虫嗪显著降低了萝卜蚜产仔数量（$P < 0.05$），与对照相比分别下降 51.97%、41.04%、73.88%、56.34%和 69.17%（图 7：B）。

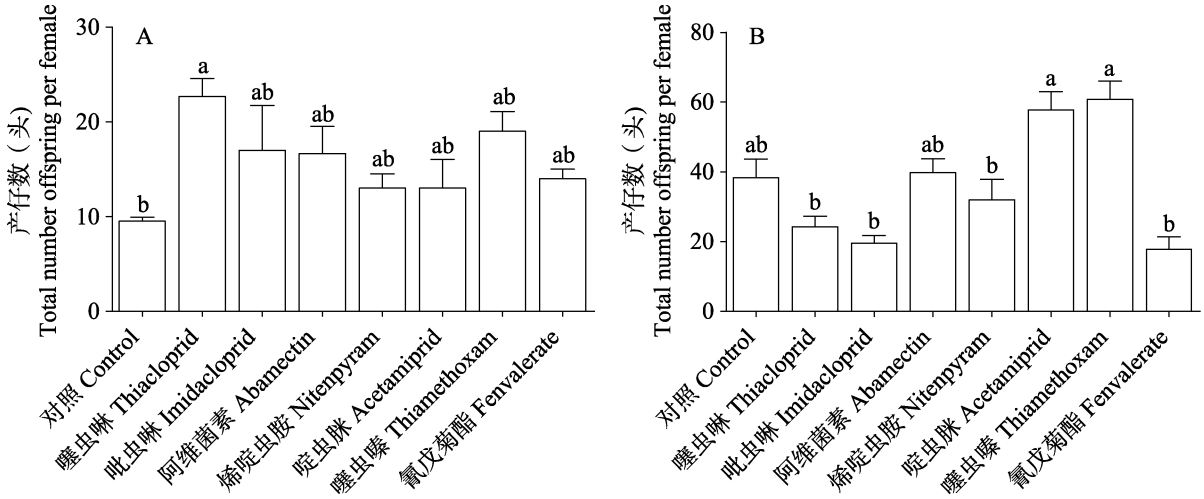

图 6　亚致死浓度杀虫剂对桃蚜产仔数的影响

Fig. 6　Effects of sublethal concentration of insecticide on fecundity of *Myzus persicae*

A. 20 ℃；B. 25 ℃.

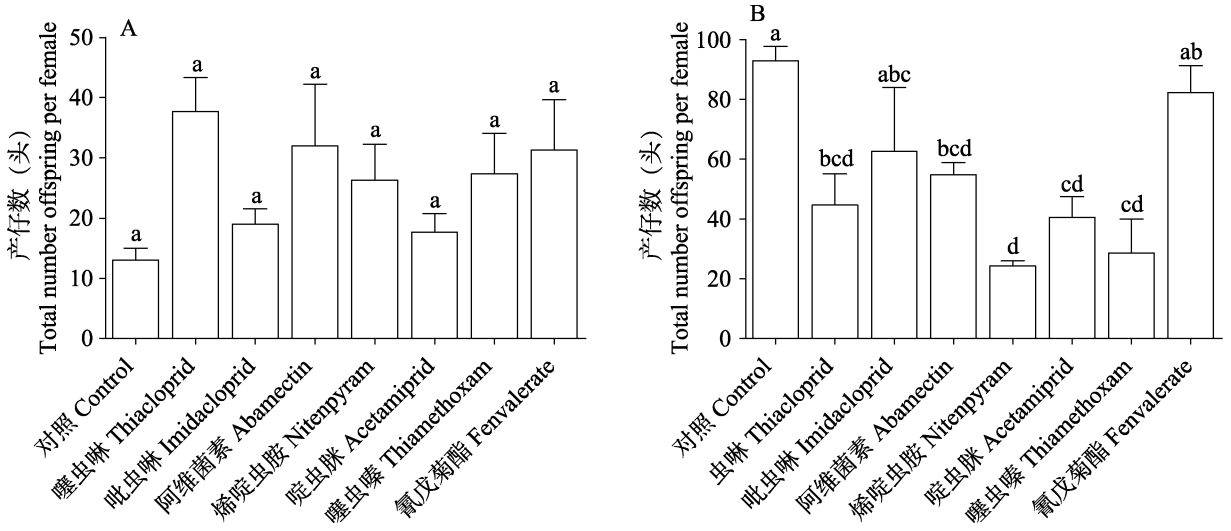

图 7　亚致死浓度杀虫剂对萝卜蚜产仔数的影响

Fig. 7　Effects of sublethal concentration of insecticide on fecundity of *Lipaphis erysimi*

A. 20 ℃；B. 25 ℃.

3　讨论

杀虫剂喷洒之后，短时间内能够杀死大量的害虫，因而，杀虫剂在现代农业生产中被广泛使用，是最重要的害虫防治方式之一。然而，随着时间的流逝，杀虫剂浓度因各种因素的影响而逐步降低至无法杀死害虫的浓度，即亚致死浓度。新迁入的害虫，或者原有未被杀死的害虫还将长时间接触亚致死浓度的杀虫剂，这种接触将对害虫的遗传、生理、生殖、发育和行为等有多方面的影响，而这些影响又对害虫的抗药性、迁移、再猖獗等有重要作用，因而，杀虫剂的亚致死效应是近些年来的研究热点。蚜虫能够传播很多植物病毒，在害虫防治领域，具有越来越重要的地位。研究杀虫剂亚致死剂量对蚜虫翅型分化等生物学特性的影响同样具有重要的现实意义（韩文素等，2011）。

有研究报道亚致死浓度的杀虫剂会提高蚜虫种群中有翅个体的比例。用吡虫啉的 LC_{50} 溶液处理植株上的棉蚜，有翅蚜较对照显著增加（Conway *et al.*，2003）。经吡虫啉、溴氰菊酯和阿维菌素处理的桃蚜后代中有翅的比例相比对照显著增加（Wang *et al.*，2008）。在本研究中，我们分别在不同温度下（20 ℃和 25 ℃）评价了包括吡虫啉在内的 7 种杀虫剂的亚致死浓度对桃蚜和萝卜蚜 F_1 代翅型的影响，结果 7 种杀虫剂并未对桃蚜的翅型分化产生显著影响，甚至在 25 ℃条件下桃蚜的有翅蚜很少，这与之前的报道有一定差异。我们分析可能是蚜虫种群的原因，因为我们尝试了一系列不同条件下对桃蚜翅诱导的实验，没有一种情况可以有效的诱导桃蚜有翅型的产生，具体原因仍需今后探讨。与桃蚜不同，本实验室所用萝卜蚜种群能够诱导出较高比例的有翅蚜。在 25 ℃，噻虫啉显著降低萝卜蚜后代中有翅蚜比例，从对照的 61.3%降低到 16.4%。在本研究中，7 种杀虫剂在不同条件下都没有表现出增加萝卜蚜种群中有翅个体比例，这与前述报道的结果也有差异。这种差异可能来源于虫种的差异，从本研究的桃蚜与萝卜蚜的数据可看出，虫种之间的差异相当显著；差异的另一个来源在于环境因子和处理条件等，20 ℃和 25 ℃处理之间，也有很大的差异。由此可见，亚致死剂量杀虫剂对蚜虫翅型分化的影响，受到多种因素的调控。

杀虫剂对昆虫发育和生殖的影响也是杀虫剂亚致死效应表现，杀虫剂亚致死效应能够干扰昆虫的发育历期，寿命，繁殖力等。本实验结果表明：20 ℃下，烯啶虫胺延长了桃蚜的发育历

期，在 25 ℃下，烯啶虫胺显著降低了桃蚜的产仔数量；25 ℃下，噻虫啉、吡虫啉、阿维菌素和烯啶虫胺延长了萝卜蚜发育历期，同时，噻虫啉、吡虫啉、烯啶虫胺、噻虫嗪显著降低了萝卜蚜产仔数量。这些结果与已报道的结果类似，亚致死剂量的杀虫剂可以抑制蚜虫的生殖力，延长其发育历期。慧倩倩等（2009）发现 LC_{20}，LC_{30} 和 LC_{40} 的吡虫啉显著抑制豌豆蚜 F_0 代的繁殖力，缩短其寿命，而延长 F_1 代发育历期。用印楝素处理豌豆蚜后发现豌豆蚜蜕皮被显著抑制，寿命和生殖力减少（Stark and Rangus，1994）。用吡虫啉，阿维菌素和高效氯氰菊酯的 LC_{20}、LC_{10} 分别处理豌豆蚜成蚜后，成蚜平均寿命和平均产蚜量均显著低于对照（王小强等，2014）。LC_{10} 剂量的硫丙磷和氯氰菊酯处理棉蚜后也降低了棉蚜的内禀增长率（r_m），延长了生殖前发育历期（Kerns and Stewart，2000）。Wang 以 6 种杀虫剂 LC_{25} 剂量处理桃蚜发现，其寿命和繁殖力均有所降低（Wang *et al.*，2008）。然而有些报道杀虫剂的亚致死效应会促进昆虫生殖，导致再猖獗。Nandihalli 等（1992）分别用溴氰菊酯、氯氰菊酯和氰戊菊酯的推荐用量和亚致死剂量来防治棉蚜，结果发现亚致死浓度比推荐用量引起棉蚜的再猖撅现象更为严重。有研究认为氰戊菊酯、氧化乐果和久效磷对棉蚜没有刺激种群增殖作用，药剂诱使棉蚜再猖獗的原因是棉蚜抗药性的迅速提高和棉田生态系统的破坏所致（吴孔明和刘芹轩，1992）。亚致死剂量杀虫剂是造成田间害虫再猖獗的主要原因，并且引起昆虫生物学、生态学及行为学方面的改变，这主要是由于杀虫剂连续使用诱导昆虫后代产生抗药性的缘故。所以不同种类杀虫剂作用不同种类昆虫，作用的浓度不同都会导致不同的结果，需要具体问题具体分析。

参考文献 (References)

Conway HE, Kring TJ, McNew R, 2003. Effect of imidacloprid on wing formation in the cotton aphid (Homoptera: Aphididae). *Florida Entomologist*, 86(4): 474–476.

Han WS, Wang LH, Sun JJ, Gao XW, 2011. Research progress on sublethal effects of insecticides on insect. *China Plant Protection*, 31(11): 15–20. [韩文素, 王丽红, 孙姬姬, 高希武, 2011. 杀虫剂对昆虫的亚致死效应的研究进展. 中国植保导刊, 31(11): 15–20.]

Hui QQ, Liu CZ, Meng YF, Chen J, 2009. Sublethal effects of imidacloprid to *Acyrthosiphon pisum*. *Plant Protection*, 35(5): 86–88. [惠婧婧, 刘长仲, 孟银凤, 陈洁, 2009. 吡虫啉对豌豆蚜的亚致死效应. 植物保护, 35(5): 86–88.]

Kerns DL, Stewart SD, 2000. Sublethal effects of insecticides on the intrinsic rate of increase of cotton aphid. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 94(1): 41–49.

Liu FJ, 2009. Toxicity determination of several pesticides to vegetabie aphid *Myzus persicae* Sulzer in the laboratory. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 37(12): 50–52. [刘芳洁, 2009. 几种常用杀虫剂对桃蚜的毒力测定. 山西农业科学, 37(12): 50–52.]

Liu Y, Zhang ZH, 2003. On plant virus diseases and its control. *Journal of China Capsicum*, 1(2):13–17. [刘勇, 张战泓, 2003. 植物病毒病的发生, 危害及防治研究进展. 辣椒杂志, 1(2):13–17.]

Nandihalli BS, Patil BV, Hugar P, 1992. Influence of synthetic pyrethroid usage on aphid resurgence in cotton. *Karnataka Journal of Agricultural Science*, 5(3): 234–237.

Nault LR, 1997. Arthropod transmission of plant viruses: A new synthesis. *Annals of the Entomological Society of America*, 90(5): 521–541.

Stark JD, Rangus TM, 1994. Lethal and sublethal effects of the neem insecticide formulation, ‘Margosan - O’, on the pea aphid. *Pesticide Science*, 41(2): 155–160.

Wang XQ, Liu CZ, Xing YT, Shi Z, 2014. Effects of sublethal dosage of imidacloprid, abamectin and beta-cypermethrin on the development and reproduction of green of the morph of pea aphid (*Acyrthosiphon pisum*). *Acta Prataculturae Sinica*, 23(5): 279–286. [王小强, 刘长仲, 邢亚田, 石周, 2014. 吡虫啉、阿维菌素和高效氯氰菊酯亚致死剂量对绿色型豌豆蚜发育及繁殖的影响. 草业学报, 23(5): 279–286.]

Wang XY, Yang ZQ, Shen ZR, Lu J, Xu WB, 2008. Sublethal effects of selected insecticides on fecundity and wing dimorphism of green peach aphid (Hom, Aphididae). *Journal of Applied Entomology*, 132(2): 135–142.

Wu KM, Liu QX, 1992. Study on the resurgence caused by insecticides for cotton aphid. *Acta Ecologica Sinica*, 12(4): 341–347. [吴孔明, 刘芹轩, 1992. 杀虫剂诱使棉蚜再猖獗的研究. 生态学报, 12(4): 341–347.]

Zang LS, Liu YQ, Liu SS, 2005. A new clip-cage for whitefly experimental studies. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 42(3): 329–331. [臧连生, 刘银泉, 刘树生, 2005. 一种适合粉虱实验观察的新型微虫笼. 昆虫知识, 42(3): 329–331.]

Zhang X, Zhao L, Chen J, 2011. Toxicities Test of 8 insecticide to *Myzus persicae* Sulzer in laboratory. *Northern Fruits*, (2): 10–11. [张新, 赵莉, 陈娟, 2011. 八种杀虫剂对桃蚜的毒力测定. 北方果树, (2): 10–11.]