

14种新型农药及助剂对黄瓜蚜虫的室内毒力测定

贾 鹏¹, 李梦曼², 王秋华², 郝晓函³, 刘金文^{2,4*}

(1. 吉林农业大学园艺学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心), 长春 130033; 3. 吉林省种子管理总站, 长春 130100; 4. 农业农村部东北作物有害生物综合治理重点实验室, 吉林 公主岭 136100)

摘 要: 蚜虫(*Aphidoidea*)已成为吉林省种植蔬菜黄瓜上的重要害虫, 为筛选防控黄瓜(*Cucumis sativus* L.)上蚜虫的新型高效低毒药剂, 本研究在室内采用浸渍法对14种药剂及助剂进行了室内毒力测定, 48 h后调查死亡率。结果表明, 在生物药剂中对黄瓜蚜虫的毒力作用顺序为95% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)+GYTL20增效剂>95% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)+GYTL60增效剂>95% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)>98% 桉油精>95% 虫菊·苦参碱>95% 鱼藤酮>98% 苦参碱, 毒力最强的是95% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)+GYTL20增效剂。化学药剂对黄瓜蚜虫的毒力作用为99% 啉虫脒>95% 高效氯氟氰菊酯>96% 虫螨腈·氯虫苯甲酰胺>98% 噻虫胺>95% 氯虫·溴虫腈(纳米)+GYTL20增效剂>95% 氯虫·溴虫腈(纳米)+GYTL60增效剂>95% 氯虫·溴虫腈(纳米), 毒力最强的是99% 啉虫脒。

关键词: 黄瓜蚜虫; 室内毒力测定; 浸渍法; 生物药剂; 化学药剂

中图分类号: S482.91; S436.421

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2026)04-0097-07

Laboratory Toxicity of 14 Novel Pesticides and Adjuvants against Aphids on Cucumber

JIA Peng¹, LI Mengman², WANG Qiuhua², HAO Xiaohan³, LIU Jinwen^{2,4*}

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Jilin Academy of Agricultural Sciences(Northeast Agricultural Research Center of China), Changchun 130033; 3. Jilin General Seed Administration Station, Changchun 130100; 4. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northeast China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Gongzhuling 136100, China)

Abstract: Aphids have become important pests in cucumber production in Jilin Province. To screen novel, highly effective and low-toxicity pesticides for controlling aphids on cucumber(*Cucumis sativus* L.), a dipping bioassay was conducted under laboratory conditions to determine the toxicity of 14 pesticides and adjuvant-containing formulations. Mortality was assessed 48 h after treatment. Among the biological pesticides, toxicity against aphids on cucumber ranked as follows: 95% emamectin benzoate(nano-formulation)+GYTL20 adjuvant>95% emamectin benzoate(nano-formulation)+GYTL60 adjuvant>95% emamectin benzoate(nano-formulation)>98% eucalyptol>95% pyrethrins·matrine>95% rotenone>98% matrine. The 95% emamectin benzoate(nano-formulation) + GYTL20 adjuvant treatment showed the highest toxicity. Among the chemical pesticides, toxicity ranked as follows: 99% acetamiprid>95% lambda-cyhalothrin>96% chlorfenapyr·chlorantraniliprole>98% clothianidin>95% chlorantraniliprole·bromfenapyr(nano-formulation) +GYTL20 adjuvant>95% chlorantraniliprole·bromfenapyr(nano-formulation)+GYTL60 adjuvant>95% chlorantraniliprole·bromfenapyr(nano-formulation). The 99% acetamiprid treatment showed the highest toxicity among the chemical pesticides.

Key words: Aphids on cucumber; Laboratory toxicity; Dipping bioassay; Biological pesticides; Chemical pesticides

黄瓜属于葫芦科一年生草本植物, 是我国保

护地栽培领域不可或缺的作物之一^[1-2]。2024年我国黄瓜种植面积为127万hm², 产量为7336万t, 分别占全球的56.44%和83.01%。黄瓜因其热量低、含水量高、口感清爽、用途多样、价格亲民, 深受消费者喜爱^[3]。

收稿日期: 2026-02-01

作者简介: 贾 鹏(1998-), 男, 在读硕士, 从事园艺作物病虫害防治研究。

通信作者: 刘金文, E-mail: jinwen_soil@163.com

蚜虫是一类体型很小的刺吸式昆虫^[4],是昆虫纲同翅目蚜科蚜属的昆虫,产量损失达20%~30%,品质下降严重,甚至无法食用。目前蚜虫主要有2总科13科系统及3科25亚科系统。自然界中已知蚜虫类昆虫500余属4700余种^[5-6]。多种蚜虫能够通过刺吸式口器取食,分泌蜜露污染植株并传播病毒等方式危害植物^[7-11],造成植株生长缓慢、萎蔫,并传播多种病毒,严重时会导致植株死亡。在吉林省危害黄瓜的主要蚜虫有棉蚜(*Aphis gossypii* Glover)和桃蚜(*Myzus persicae* Sulzer)等,由于蚜虫体型小,每年可繁殖几代到十几代,发生严重,危害期长,危害程度远重于大田蔬菜。

农业生产中一般采用化学防治方法进行黄瓜蚜虫防治,存在农药混用跨作物施用现象明显,农药残留严重,蚜虫抗性逐渐增强,防治药剂种类逐渐减少等问题。本研究通过实验室前期筛选和新研发的防治黄瓜蚜虫的药剂及助剂,通过室内毒力测定进行综合筛选,获得高效低毒的新型农药,为吉林省蔬菜绿色产业发展提供参考,也为我国农药替代产品提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种和虫源

供试黄瓜品种:岭研6号。

供试虫源:黄瓜蚜虫经鉴定为棉蚜(*Aphis gossypii* Glover),采自吉林省农业科学院植物保护研究所玻璃温室的黄瓜种植基地,黄瓜种植过程中未使用过农药。本试验以发育正常、体型相近的3~4龄蚜虫作为供试材料,经筛选鉴定后备用^[12]。

1.2 供试药剂

供试药剂为筛选获得的新研发药剂或登记的高效低毒药剂及新助剂。95%虫菊·苦参碱(北京广源益农化学有限公司)、98%苦参碱(内蒙古中农生化科技股份有限公司)、95%鱼藤酮(广东农药有限公司)、98%桉油精(北京亚戈农生物药业有限公司)、99%啶虫脒(山东哈维斯生化科技有限公司)、95%甲维盐(纳米)(北京广源益农化学有限公司)、95%甲维盐(纳米)+GYTL20增效剂(北京广源益农化学有限公司)、95%甲维盐(纳米)+GYTL60增效剂(北京广源益农化学有限公司)、95%高效氯氟氰菊酯(佛山盈辉作物科学有限公司)、98%噻虫胺(济南一农化工有限公司)、96%虫螨腈·氯虫苯甲酰胺(北京广源益农化学有限公司)、95%氯虫·溴虫腈(纳米)(北京广源益农化学有限公司)、95%氯虫·溴虫腈(纳米)+GYTL20增效

剂(北京广源益农化学有限公司)、95%氯虫·溴虫腈(纳米)+GYTL60增效剂(北京广源益农化学有限公司)。以上药剂按照顺序依次编号,对照CK处理。

1.3 供试仪器

电子天平(常州幸运电子设备有限公司)、0.1~2.5 μ L和0.5~10 μ L移液器(Eppendorf AG)、全自动洗瓶机(洗瓶者有限公司)、脱脂棉球、培养皿、2.5 mL离心管、滤纸、量筒、烧杯、一次性塑料杯、0号毛笔等。

1.4 试验方法

1.4.1 母液配制

分别称取:①95%虫菊·苦参碱原药、98%苦参碱原药、95%鱼藤酮原药、98%桉油精原药、99%啶虫脒原药、95%甲维盐(纳米)原药、95%高效氯氟氰菊酯原药、98%噻虫胺原药、96%虫螨腈·氯虫苯甲酰胺原药、95%氯虫·溴虫腈(纳米)原药10 mg将其分别置于2.5 mL离心管;②95%甲维盐(纳米)+GYTL20增效剂、95%甲维盐(纳米)+GYTL60增效剂、95%氯虫·溴虫腈(纳米)+GYTL20增效剂、95%氯虫·溴虫腈(纳米)+GYTL60增效剂,原药与增效剂分别等量抽取5 mg共10 mg将其分别置于2.5 mL离心管中并混匀,分别做好标签防止混淆。

依次用移液器取出1 mL丙酮分别加入上述原药的离心管中将其充分溶解,放入99 mL乳化水配制成100 mg/L的母液,再取10 mL的母液加入0.1%Tween80乳化剂水1 L配制成10 mg/L的供试液。

1.4.2 质量浓度梯度设置

按照上述称取原药顺序分别取出供试液10 mL,在此基础上分别加入10、20、30、40、50 mL的清水,分别配置成1:1、1:2、1:3、1:4、1:5浓度梯度(浓度分别为5、3.33、2.5、2.0、1.67 mg/L)处理药液供试验用。

1.4.3 室内毒力测定

针对蚜虫的室内毒力测定,采用浸叶法进行试验^[13]。挑取大小一致的新鲜黄瓜叶片,用无菌水湿润脱脂棉球并包裹在叶柄部位,再将叶片用无菌水清洗并自然阴干。用0号毛笔挑选大小一致的黄瓜蚜虫,每片30只。再将新鲜叶片与蚜虫浸入配置好的不同梯度浓度的药液中10 s,取出后用脱脂棉球轻轻蘸取叶片上残留的药液,并置于底部铺有直径15 cm滤纸的培养皿中,培养皿上设置滤虫网,防止蚜虫逃跑。以1 mL的丙酮加入99 mL无菌水作为对照CK处理。每个药剂设

置5个浓度梯度即5个处理,每个处理重复3次。最后将培养皿放置温度25℃、相对湿度(60±5)%和光周期L:D=12h:12h的昆虫饲养室中,在24h调查蚜虫发育情况,48h时统计蚜虫死亡数量,使用毛笔对虫体多次轻轻触动,虫体不动为死亡^[14]。

1.4.4 数据处理

根据试验结果,对蚜虫死亡数进行校正,计算各处理死亡率与校正死亡率。计算公式如下。

死亡率=(死亡试虫数/试虫总数)×100%;

校正死亡率=[(处理组死亡率-对照组死亡

率)/(1-对照组死亡率)]×100%。

试验数据采用SPSS 27.0软件分析—概率方法模拟拟合毒力回归方程,计算14种药剂对黄瓜蚜虫的致死中浓度(LC₅₀)、95%置信区间、相关系数^[15]。

2 结果与分析

2.1 7种生物药剂与助剂对蚜虫的影响

48 h调查结果显示,校正死亡率随7种生物药剂及助剂的浓度增加均呈梯度上升趋势(图1),除95%虫菊·苦参碱1.67 mg/L处理外,其他各药剂

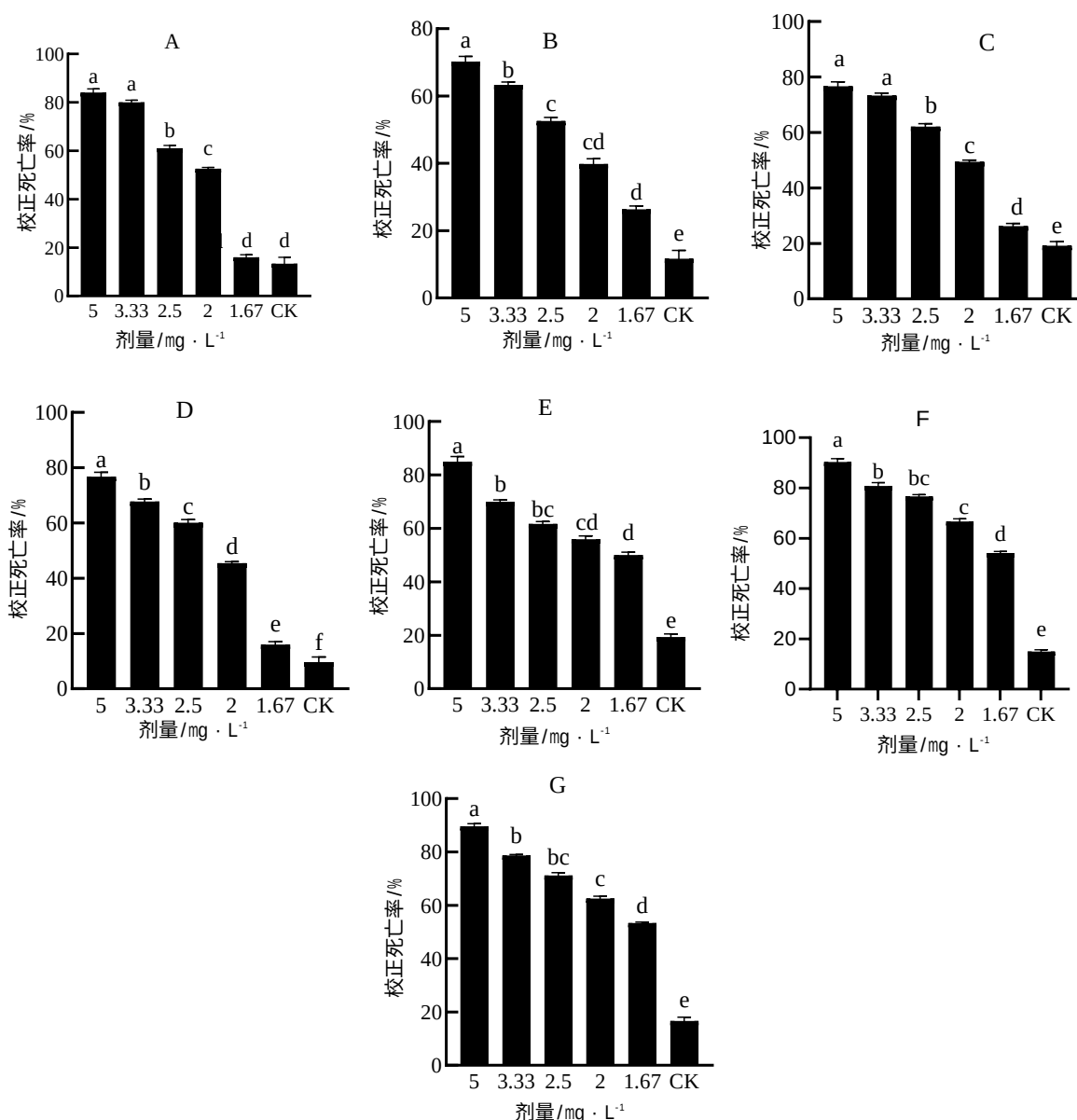


图1 7种生物药剂及助剂对黄瓜蚜虫的校正死亡率

Fig. 1 Corrected mortality rate of cucumber aphids treated with 7 biological agents

注: A: 95% 虫菊·苦参碱; B: 98% 苦参碱; C: 95% 鱼藤酮; D: 98% 桉油精; E: 95% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米); F: 95% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)+GYTL20增效剂; G: 95% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)+GYTL60增效剂,下同。

Note: A: 95% pyrethrin·matrine; B: 98% matrine; C: 95% rotenone emulsifiable concentrate; D: 98% cineole soluble concentrate;

E: 95% emamectin benzoate (nano); F: 95% emamectin benzoate (nano) + GYTL20 synergist;

G: 95% emamectin benzoate (nano) + GYTL60 synergist, the same below.

各浓度处理校正死亡率与对照组CK校正死亡率均差异显著。95%虫菊·苦参碱各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高为84.06%,5 mg/L和3.33 mg/L校正死亡率与其他各浓度处理校正死亡率均差异显著(图1A);98%苦参碱各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高,为70.22%,除2 mg/L校正死亡率外,其他各浓度处理校正死亡率均差异显著(图1B);95%鱼藤酮各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高,为76.66%,5 mg/L和3.33 mg/L校正死亡率与其他各浓度处理校正死亡率差异均显著(图1C);98%桉油精各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高,为76.80%,各浓度处理校正死亡率差异均显著(图1D);95%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)各浓度处理中,5 mg/L处理的校正

死亡率最高,为85.00%,5 mg/L与3.33 mg/L和1.67 mg/L校正死亡率差异显著(图1E);95%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)+GYTL20各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高,为90.33%,除2.5 mg/L校正死亡率外,其他各浓度处理校正死亡率均差异显著(图1F);95%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)+GYTL60各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高,为89.66%,除2.5 mg/L校正死亡率外,其他各浓度处理校正死亡率均差异显著(图1G)。

2.2 7种化学农药及助剂对黄瓜蚜虫的影响

48 h调查结果显示,校正死亡率随7种化学药剂的浓度增加均呈梯度上升趋势(图2),各药剂各浓度处理校正死亡率与对照组CK均差异显著。99%啉虫脒各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡

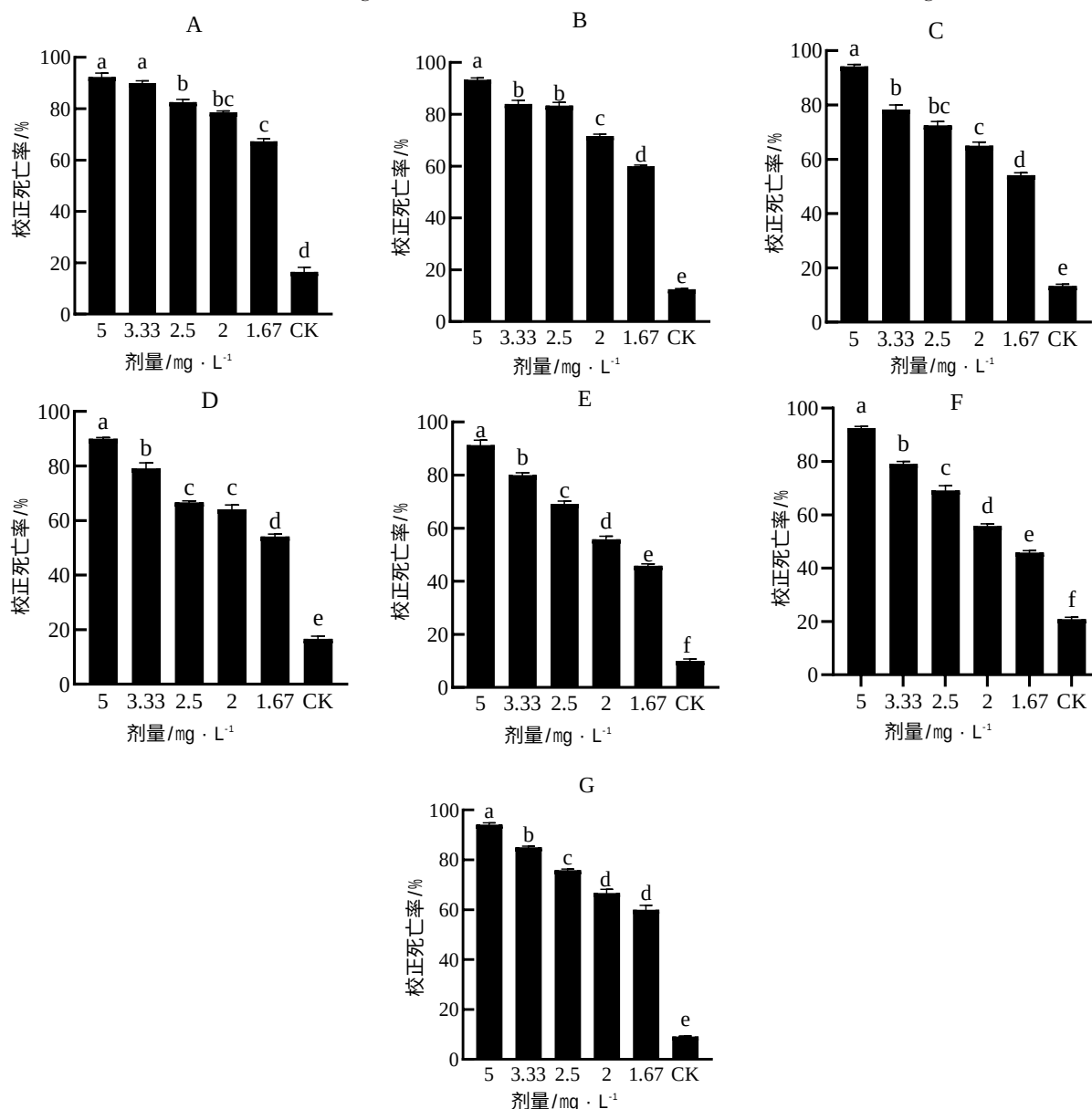


图2 7种化学药剂及助剂对黄瓜蚜虫的校正死亡率

Fig. 2 Corrected mortality rates of cucumber aphids (*Aphis gossypii* Glover) treated with 7 chemical

率最高,为92.33%,5 mg/L和3.33 mg/L处理的校正死亡率与其他各浓度处理校正死亡率均差异显著(图2A);95%高效氯氟氰菊酯各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高为93.33%,3.33 mg/L和2.5 mg/L校正死亡率与其他各浓度处理校正死亡率均差异显著(图2B);98%噻虫胺各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高,为94.20%,除2.5 mg/L校正死亡率外,其他各浓度处理校正死亡率均差异显著(图2C);96%虫螨腈·氯虫苯甲酰胺各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高,为90.00%,2.5 mg/L和2 mg/L校正死亡率与其他各浓度处理校正死亡率均差异显著(图2D);95%氯虫·溴虫腈(纳米)各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高,为91.33%,各浓度处理校正死亡率均差异显著(图2E);95%氯虫·溴虫腈(纳米)+GYTL20各浓度处理中,5 mg/L处理的校正死亡率最高,为92.50%,各浓度处理校正死亡率均差异显著(图2F);95%氯虫·溴虫腈(纳米)+GYTL60各浓度处理中,

5 mg/L处理的校正死亡率最高,为94.17%,2 mg/L和1.67 mg/L校正死亡率与其他各浓度处理校正死亡率均差异显著(图2G)。

2.3 生物和化学农药对黄瓜蚜虫的室内毒力

由表1可知,48 h后7种供试生物药剂对黄瓜蚜虫的毒力次序依次为:95%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)+GYTL20增效剂>95%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)+GYTL60增效剂>95%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)>98%桉油精>95%虫菊·苦参碱>95%鱼藤酮>98%苦参碱。其 LC_{50} 分别为2.179、2.208、2.435、2.717、3.109、3.149、3.566 mg/L。

48 h后7种供试的化学药剂对黄瓜蚜虫的毒力次序依次为:99%啉虫脒>95%高效氯氟氰菊酯>96%虫螨腈·氯虫苯甲酰胺>98%噻虫胺>95%氯虫·溴虫腈(纳米)+GYTL20增效剂>95%氯虫·溴虫腈(纳米)+GYTL60增效剂>95%氯虫·溴虫腈(纳米)。其 LC_{50} 分别为0.776、0.891、1.802、1.968、2.795、2.936、3.247 mg/L。

表1 不同药剂对黄瓜蚜虫作用48 h后的室内毒力

Table 1 Indoor toxicity of different insecticides against *Aphis gossypii* on cucumber after 48 h

处理 Treatment	回归方程 Regression equation	r 值 r value	$LC_{50}/mg \cdot L^{-1}$	95% 置信区间 95% confidence interval	P 值 P value
1	$y = -6.856 + 2.205x$	0.794	3.109	2.821~3.193	0.047
2	$y = -4.642 + 1.302x$	0.745	3.566	3.372~4.243	0.043
3	$y = -6.942 + 2.235x$	0.932	3.149	3.002~3.196	0.048
4	$y = -4.675 + 1.720x$	0.813	2.717	2.537~2.825	0.034
5	$y = -0.971 + 1.251x$	0.974	0.776	-0.283~1.040	0.028
6	$y = -1.977 + 0.812x$	0.517	2.435	-0.369~2.699	0.049
7	$y = -2.826 + 1.297x$	0.884	2.179	1.471~2.397	0.046
8	$y = -2.832 + 1.283x$	0.890	2.208	1.517~2.419	0.040
9	$y = -1.360 + 1.526x$	0.871	0.891	0.382~1.081	0.047
10	$y = -2.921 + 1.484x$	0.427	1.968	1.072~2.238	0.050
11	$y = -2.094 + 1.162x$	0.950	1.802	0.640~2.067	0.032
12	$y = -5.733 + 1.766x$	0.615	3.247	3.060~3.357	0.014
13	$y = -3.169 + 1.134x$	0.841	2.795	1.504~3.069	0.026
14	$y = -4.980 + 1.696x$	0.762	2.936	2.486~3.110	0.015
15	$y = -6.124 + 1.755x$	—	—	—	1.000

注:以 LC_{50} 值95%置信区间不重叠作为判断不同杀虫剂间毒力差异显著的标准;“—”表示无法测得 LC_{50} 或95%置信限度。

Note: Non-overlapping 95% confidence intervals of LC_{50} values are used as the criterion for significant differences in toxicity among different insecticides; — indicates that LC_{50} or its 95% confidence limits cannot be determined.

3 讨论与结论

3.1 生物制剂

本试验筛选获得7种生物杀虫药剂。虫菊·苦参碱是由来源于菊花的除虫菊和苦参碱植物源

的复配杀虫剂。苦参等植物对害虫具有胃毒、触杀、拒食作用以及菊花对害虫具有驱避、干扰昆虫神经系统正常信号传导作用^[16]。由 LC_{50} 值可以看出,虫菊·苦参碱用量为3.109 mg/L,低于苦参碱的3.566 mg/L,弥补了苦参碱单一使用时存在

的触杀但不致死的现象^[17]。二者混配使用可以有效地防治黄瓜蚜虫。

鱼藤酮是提取豆科植物根部的植物源杀虫剂,其作用机理是进入虫体消化道起到毒杀作用或者是抑制昆虫线粒体中的氧化还原酶,阻碍ATP合成进而导致死亡但不具有内吸性^[18-19]。本试验中95%鱼藤酮对黄瓜蚜虫毒性 LC_{50} 为3.149 mg/L,高于鱼藤酮的毒力 LC_{50} 值(2.003 6 mg/L)^[20],与上述文献报道不同,可能是由于本试验中鱼藤酮的药剂纯度、成分和蚜虫龄期等因素的影响。

桉油精属于植物源农药,来源于桉树等提取物,其作用机理是对蚜虫具有触杀、胃毒、熏蒸和生理干扰作用^[21]。在最高剂量5 mg/L时48 h致死率为76.80%,在最低剂量1.67 mg/L时,致死率为40.71%,符合植物源农药高效、低毒、无残留与环境友好等特点。其致死中浓度 LC_{50} 值与桉油精的 LC_{50} 值^[22]相当。桉油精目前主要用于防治林业害虫,对瓜蚜的防治效果和使用技术还有待进一步探究。

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(简称甲维盐)属于新型高效半合成抗生素类药剂,其作用机理为激活昆虫细胞上的氯离子通道使氯离子内流,且具有胃毒和触杀等辅助作用^[23]。甲维盐在最高浓度5 mg/L时,48 h致死率为85.00%,使用GYTL20和GYTL60增效剂后其最高浓度致死率均有不同程度的提高,并且在致死中浓度(LC_{50})方面使用两种增效剂之后, LC_{50} 值也分别降低。甲维盐单剂的致死中浓度 LC_{50} 值与浸虫法处理后的 LC_{50} 值^[24]较为相近。

本试验中的生物源农药具有无残留、安全、不伤害瓢虫、草蛉、食蚜蝇等天敌的特点,其抗性诱导风险低,连续施用不易因长期使用而导致防效下降,符合绿色防控的要求,为蔬菜害虫的田间防治提供了参考和理论依据^[25]。

3.2 化学药剂

在本试验的化学药剂防控中,噻虫胺和啉虫脒属于新烟碱类杀虫剂,结果表明对黄瓜蚜虫都具有良好的防治效果。但啉虫脒在毒力方面更高,其致死中浓度 LC_{50} 值与浸虫法处理后5%啉虫脒毒力0.969 3 mg/L^[26]的情况较为相符。可能的原因是试验温室内未使用过该类杀虫剂进行防治,蚜虫对这类农药的抗药性还比较低,但在田间防治时也需要注意轮换使用各类型农药,严格遵循推荐剂量与限定次数进行施药。

高效氯氟氰菊酯属于含氟、高活性的第二代拟除虫菊酯类杀虫剂,其作用机理为通过触杀和胃毒作用进入害虫体内使昆虫协调功能丧失而死

亡。其 LC_{50} 值与张妍等^[27]测得的 LC_{50} 值差别较大,可能是两地蚜虫的抗药性不同导致的。

虫螨腈·氯虫苯甲酰胺、氯虫·溴虫腈、氯虫·溴虫腈+GYTL20增效剂、氯虫·溴虫腈+GYTL60增效剂均属于复配类药剂,最高致死率分别为:89.90%、90.00%、92.50%、94.17%,使用增效剂之后,氯虫·溴虫腈的致死率明显提高。

综上,本试验明确了14种供试药剂及助剂在48 h时,生物药剂95%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(纳米)+GYTL20增效剂的毒力最强,体现了纳米农药在未来发展中的优势作用。而化学药剂99%啉虫脒毒力最强,防效随着浓度增加而增加,其结果对黄瓜蚜虫田间防治药剂的选择及提高防治效果层面上提供了参考。新型药剂的筛选,为我国高毒农药替代填补了空白,为我省绿色蔬菜生产和绿色综合防控提供了支持,为我国食品安全起到助推作用。

参考文献:

- [1] 武涛,秦智伟,周秀艳,等.转基因技术在黄瓜性状改良中的应用及战略思考[J].中国蔬菜,2010(20):1-8.
WU T, QIN Z W, ZHOU X Y, et al. Application and strategic thought about transgenic technique in cucumber improvement[J]. China Vegetables, 2010(20): 1-8. (in Chinese)
- [2] 尚森,廖文月,徐小燕,等.高山设施不同黄瓜品种比较研究[J].长江蔬菜,2025(18):46-49.
SHANG M, LIAO W Y, XU X Y, et al. Comparative test of different cucumber cultivars in high-altitude facilities[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2025(18): 46-49. (in Chinese)
- [3] 吴永枚,唐祖君,匡成兵,等.成都平原早春大棚黄瓜错时套种苦瓜高效栽培技术[J].中国蔬菜,2020(5):105-107.
WU Y M, TANG Z J, KUANG C B, et al. High-efficiency cultivation techniques for staggered interplanting of bitter melon with greenhouse cucumber in early spring on Chengdu Plain[J]. Chinese Vegetables, 2020(5): 105-107. (in Chinese)
- [4] 刘征,黄晓磊,姜立云,等.中国蚜虫类昆虫物种多样性与分布特点(半翅目,蚜总科)[J].动物分类学报,2009,34(2):277-291.
LIU Z, HUANG X L, JIANG L Y, et al. The species diversity and geographical distribution of aphids in China(Hemiptera, Aphidoidea)[J]. Acta Zootaxonomica Sinica, 2009, 34(2): 277-291. (in Chinese)
- [5] 张蕾,黄大庄,杨晋宇,等.河北清西陵地区蚜虫物种多样性研究[J].河北农业大学学报,2009,32(3):94-99.
ZHANG L, HUANG D Z, YANG J Y, et al. Study on species diversity of aphids from qingxiling in Hebei Province[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2009, 32(3): 94-99. (in Chinese)
- [6] DOHLEN C D V, MORAN N A. Molecular data support a rapid radiation of aphids in the Cretaceous and multiple origins of

- host alternation[J]. Biological Journal of the Linnean Society, 2000, 71(4): 689–717.
- [7] NG J C K, PERRY K L. Transmission of plant viruses by aphid vectors[J]. Molecular Plant Pathology, 2004, 5(5): 505–511.
- [8] 羊大为, 濮祖芹. 蚜虫在病毒复合侵染病株上吸食后的传毒特性[J]. 南京农业大学学报, 1990(S1): 60–63.
YANG D W, PU Z Q. The transmission of soybean mosaic virus and broad bean wilt virus by aphids from mixed infection[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 1990(S1): 60–63. (in Chinese)
- [9] GRAY S M, Banerjee N. Mechanisms of arthropod transmission of plant and animal viruses[J]. Microbiology & Molecular Biology Reviews Mmbr, 1999, 63(1): 128.
- [10] HOENHOUT S A, AMMAR E D, Whitfield A E, et al. Insect vector interactions with persistently transmitted viruses[J]. Annual Review of Phytopathology, 2008, 46: 327–359.
- [11] 杨崇实, 王万立, 管致和. 十字花科蔬菜蚜虫传播的病毒病生态学流行病学及防治研究进展[J]. 云南农业大学学报, 1993(3): 291–292.
YANG C S, WANG W L, GUAN Z H. Research progress on the ecology and epidemiology along with the control of the aphid-spread-virus in crucifers[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 1993(3): 291–292. (in Chinese)
- [12] 王正旭. 杀虫剂对蚜虫及其天敌室内毒力测定和田间药效试验[J]. 北方园艺, 2008(2): 232–233.
WANG Z X. Laboratory toxicity and field efficacy of insecticides against aphids and their natural enemies[J]. Northern Horticulture, 2008(2): 232–233. (in Chinese)
- [13] 吴闯, 王中武. 玉米蚜虫室内药剂筛选试验[J]. 产业与科技论坛, 2018, 17(8): 72–73.
WU C, WANG Z W. Laboratory screening of insecticides against corn aphids[J]. Industry & Science Tribune, 2018, 17(8): 72–73. (in Chinese)
- [14] 王子邦, 魏书琴. 3种植物源农药对蓝莓蚜虫的室内毒力测定及田间防效[J]. 中国南方果树, 2020, 49(6): 133–135, 140.
WANG Z B, WEI S Q. Laboratory toxicity and field control efficacy of three botanical pesticides against blueberry aphids[J]. South China Fruits, 2020, 49(6): 133–135, 140. (in Chinese)
- [15] 张志鹏, 张秀霞, 单成钢, 等. 常用化学杀虫剂对3种中草药蚜虫室内毒力的影响[J]. 山西农业科学, 2018, 46(12): 2084–2086.
ZHANG Z P, ZHANG X X, SHAN C G, et al. Effects of common chemical insecticides on toxicity bioassay of three kinds of aphids in Chinese medicinal herb[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2018, 46(12): 2084–2086. (in Chinese)
- [16] 穆元相, 钟康, 王德明, 等. 施用不同浓度1.8%虫菊·苦参碱对有机高粱蚜虫的防治效果[J]. 农业科技通讯, 2020(4): 76–78.
MU Y X, ZHONG K, WANG D M, et al. Control efficacy of 1.8% pyrethrin·matrine with different concentrations against aphids on organic sorghum[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2020(4): 76–78. (in Chinese)
- [17] 马钰. 苦参碱对豌豆蚜的毒杀作用机理研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2022.
- [18] 姬小雪, 乔康, 刘麦丰. 2.5% 鱼藤酮乳油防治甘蓝蚜虫田间药效试验[J]. 生物灾害科学, 2012, 35(4): 407–409.
JI X X, QIAO K, LIU M F. Field trial of 2.5% rotenone EC for controlling cabbage aphid(*Brevicoryne brassicae*) [J]. Biological Disaster Science, 2012, 35(4): 407–409. (in Chinese)
- [19] 卢洁, 石冠超, 覃桂聪. 7.5% 鱼藤酮乳油对蔬菜蚜虫和柑桔红蜘蛛的防效[J]. 长江蔬菜, 2009(10): 65–67.
LU J, SHI G C, QIN G C. Efficacy of 7.5% rotenone EC on cabbage aphid in China and Citrus red mite in Vietnam[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2009(10): 65–67. (in Chinese)
- [20] 柴建萍, 谢道燕, 江秀均, 等. 4种生物杀虫剂对桑蓊马的室内毒力测定及田间防效试验[J]. 南方农业学报, 2017, 48(8): 1409–1414.
CHAI J P, XIE D Y, JIANG X J, et al. Indoor toxicity test and control effect in field of four biopesticides against *pseudodendrothrips mori*[J]. Journal of Southern Agriculture, 2017, 48(8): 1409–1414. (in Chinese)
- [21] 洪宜聪. 不同植物源杀虫剂对闽粤烤食叶害虫防治效果分析[J]. 西南林业大学学报, 2015, 35(5): 71–76.
HONG Y C. Control efficiency analysis of plant source pesticides on *castanopsis fissarehd* leaf eating pest[J]. Journal of Southwest Forestry University, 2015, 35(5): 71–76. (in Chinese)
- [22] 常承秀, 朱惠英, 张永强, 等. 8种药剂防治槐蚜药效试验[J]. 林业实用技术, 2013(7): 36–38.
CHANG C X, ZHU H Y, ZHANG Y Q, et al. Efficacy test of eight pesticides against sophora aphids[J]. Practical Forestry Technology, 2013(7): 36–38. (in Chinese)
- [23] 周璐, 蒋何雪, 吴晓峰, 等. 6种杀虫剂对甘蓝小菜蛾的室内毒力及田间防效[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(14): 124–127.
ZHOU L, JIANG H X, WU X F, et al. Indoor toxicity and field control effect of six pesticides on *Plutella xylostella*(Linnaeus)[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2023, 51(14): 124–127. (in Chinese)
- [24] 胡长效, 曹丹, 周梦影. 甲维盐及其复配剂对苹果小卷叶蛾幼虫室内毒力测定及田间防治效果[J]. 安徽农业科学, 2024, 52(5): 137–139, 143.
HU Z X, CAO D, ZHOU M Y. Indoor toxicity and field control effect of emamectin benzoate and its mixtures against *Adoxophyes orana*[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2024, 52(5): 137–139, 143. (in Chinese)
- [25] 雷婷, 牛永浩, 徐元昌, 等. 4种生物源农药对甘薯小象甲的室内毒力测定[J]. 陕西农业科学, 2025, 71(7): 83–88.
LEI T, NIU Y H, XU Y C, et al. Determination of indoor toxicity of four biogenic pesticides against *Cylas formicarius*[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2025, 71(7): 83–88. (in Chinese)
- [26] 王芳, 陈佳斌, 刘秉阳, 等. 5种药剂对枸杞棉蚜室内毒力及田间防效[J]. 植物保护, 2021, 47(3): 294–298.
WANG F, CHEN J B, LIU B Y, et al. Toxicity and field control efficacy of five insecticides against *Aphis gossypii*[J]. Plant Protection, 2021, 47(3): 294–298. (in Chinese)
- [27] 张妍, 徐丹丹, 王少丽. 噻虫胺和高效氯氟氰菊酯对瓜蚜的毒力活性及田间防效[J]. 现代农药, 2021, 20(3): 39–42.
ZHANG Y, XU D D, WANG S L. Toxicity activity and field control effect of clothianidin and λ -cyhalothrin on *Aphis gossypii*[J]. Modern Agrochemicals, 2021, 20(3): 39–42. (in Chinese)

(责任编辑:王 昱)