



尹艳琼, 郑丽萍, 李峰奇, 马庭矗, 宋文宏, 陈钊, 陈福寿, 刘莹, 谯爱东. 云南弥渡县番茄潜叶蛾的发生情况及田间防治效果 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (3): 559 - 566.

云南弥渡县番茄潜叶蛾的发生情况及田间防治效果

尹艳琼¹, 郑丽萍², 李峰奇³, 马庭矗⁴, 宋文宏², 陈钊²,
陈福寿¹, 刘莹¹, 谯爱东^{1*}

(1. 云南省农业科学院农业环境资源研究所/云南省农业跨境有害生物绿色防控重点实验室, 昆明 650205;

2. 云南省大理州弥渡县植保站, 云南大理 671000; 3. 北京市农林科学院植物保护研究所, 北京 100097;

4. 云南省植保植检站, 昆明 650034)

摘要: 外来入侵性害虫番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* (Meyrick) 于2018年3月26日在云南弥渡县被发现, 为明确其发生为害情况, 筛选出有效的防治药剂, 阻止该虫的发生和蔓延, 本研究采用性诱剂进行田间调查分析了番茄潜叶蛾的发生情况, 通过田间药效试验比较噻虫嗪、噻虫胺、虫螨腈、苏云菌杆菌、乙基多杀菌素、阿维·氯虫苯甲酰胺、噻虫·高氯氟和阿维·灭蝇胺对番茄潜叶蛾的防治效果。调查结果表明该虫在番茄种植区域均有发生, 大棚番茄地发生尤其严重, 为害株达100%, 百叶幼虫量55.00~101.67头/百叶, 周诱蛾量4.70~61.20头/板, 果子的为害率达19.33%, 最高达40%。田间药效的结果表明: 33%阿维·灭蝇胺SC防效较好, 药后3d防效达74.30%, 其次30%虫螨腈SC、6%阿维·氯虫苯甲酰胺SC和6%乙基多杀菌素SC药后3d防效64.25%、67.98%、54.85%, 药后5d防效79.08%、79.00%、73.45%, 药后7d防效81.60%、80.45%、65.70%。结果表明番茄潜叶蛾在弥渡县大棚发生为害较为严重, 性诱剂对成虫有良好的诱集效果, 虫螨腈、阿维·氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素和阿维·灭蝇胺可作为幼虫的防治药剂。

关键词: 番茄潜叶蛾; 发生情况; 田间防效; 云南

中图分类号: Q965; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858(2021)03-0559-08

Occurrence and control of *Tuta absoluta* (Meyrick) in Midu County, Yunnan Province

YIN Yan-Qiong¹, ZHENG Li-Ping², LI Feng-Qi³, MA Ting-Chu⁴, SONG Wen-Hong², CHEN Fang², CHEN Fu-Shou¹, LIU Yin¹, CHEN Ai-Dong^{1*} (1. Key Laboratory of Green Prevention and Control of Agricultural Trans Boundary Pests of Yunnan Province, Agricultural Environment and Resource Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China; 2. Plant Protection Station of Midu County, Dali 671000, Yunnan Province, China; 3. Plant Protection Institute, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 4. Yunnan Plant Protection and Plant Quarantine Station, Kunming 650034, China)

Abstract: The tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) was found in tomato greenhouses in Midu, Yunnan Province on March 26, 2018, which was an alien invasive pest. It was urgent to take effective measures to prevent the occurrence and spread of the pest. In this paper, field investigation was conducted

基金项目: 云南省重点研发计划 (2019IB007); 云南省创新团队培育 (202005AE16003)

作者简介: 尹艳琼, 硕士, 研究员, 主要研究方向为农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: yinyq1977@sina.com

* 通讯作者: 谯爱东, 博士, 研究员, 主要研究方向为农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: chenad68@163.com

收稿日期 Received: 2021-03-10; 接受日期 Accepted: 2021-04-27

to analyze the occurrence of *T. absoluta* using sex pheromone. And the control effect of chemical pesticides was tested in field, including thiamethoxam, clothianidin, chlorfenapyr, BT, spinetoram, abamectin-chlorantraniliprole, thiamethoxam-cyfluthrin and abamectin-cyromazine. The result showed that *T. absoluta* occurred in most tomato planting areas especially in greenhouse, with damage rate of 100%. The larvae number was 55.00 ~ 101.67 per 100 leaves. The number of moths was 4.70 ~ 61.20 on one plate per week. The damage rate to fruit was 19.33% with the highest of 40% in harvest period. The pesticide field trials showed that 33% abamectin-cyromazine SC had the higher control effect, with 74.30% after 3 days. The next were 30% chlorfenapyr SC, 6% abamectin-chlorantraniliprole SC and 6% spinetoram SC. The control effects were 64.25%, 67.98%, 54.85% after 3 days, 79.08%, 79.00%, 73.45% after 5 days and 81.60%, 80.45%, 65.70% after 7 days. Overall, *T. absoluta* damaged seriously in greenhouse in Midu, Yunnan Province. The sex attractant pheromone was effective to attract the adult. chlorfenapyr, abamectin-cyromazine and spinetoram could be used to control *T. absoluta*.

Key words: *Tuta absoluta* (Meyrick); occurrence; field efficacy; field control; Yunnan Province

番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* (Meyrick) 属鳞翅目麦蛾科, 又名番茄麦蛾、番茄潜麦蛾、南美番茄潜叶蛾, 主要危害茄科植物, 包括番茄 *Lycopersicon esculentum* Mill., 马铃薯 *Solanum tuberosum* L.、茄子 *Solanum melongena* L.、甜椒 *Capsicum annuum* L.、烟草 *Nicotiana tabacum* L., 尤其嗜食番茄 (张桂芬等, 2018; Arnó, et al., 2019; Idriss, et al., 2020), 其幼虫潜入叶片、顶梢、腋芽、嫩茎以及果实内取食为害, 被害番茄果实会丧失经济价值, 经济损失可达 50% ~ 100% (张润志, 2019)。该虫起源于南美洲西部的秘鲁, 20 世纪 50 年代以来一直是南美洲国家露地和大棚番茄的重要害虫 (Desneux et al., 2010), 2006 年传入欧洲的西班牙, 此后迅速遍布欧洲各国并快速扩散至亚欧非大陆 (Aigbedion et al., 2019), 截至 2019 年该虫已入侵 80 多个国家和地区, 其中包括亚洲的印度、尼泊尔、阿富汗、吉尔吉斯斯坦等, 与我国西部和南部省区接壤的 8 个国家已有发生 (张桂芬等, 2020)。云南属于该虫发生的高风险地区, 一旦入侵将对当地的番茄产业造成毁灭性灾难, 其潜在的危害性也难以估量 (洗晓青等, 2019)。

云南是番茄、马铃薯、烟草的主产区, 番茄种植面积约 35 500 hm², 马铃薯种植面积达 1 896 100 hm², 烤烟种植面积 393 900 hm², 云南大面积的寄主植物和适宜的温度 12.45 ~ 30.40℃ (李栋等, 2018) 为番茄潜叶蛾入侵定殖提供有利的条件, 需加大对番茄潜叶蛾监测和防控工作。2018 年云南省植保系统在全省对该虫开展预防性监测, 2018 年 3 月 26 日, 大理州植保植检站和弥

渡县植保植检站在大棚番茄上发现一种鳞翅目害虫, 以幼虫潜食叶肉、蛀食果实, 经中国农业科学院植物保护研究所张桂芬研究员鉴定该虫为番茄潜叶蛾, 确定番茄潜叶蛾在云南省发生。目前针对新入侵的番茄潜叶蛾在云南的传播扩散、危害程度、种群动态、灾变原因和防控措施等方面的认识还比较初浅, 监测与防控能力薄弱, 急需开展大田普查和系统调查、探寻影响灾变关键因子和研究防控技术, 严防其发生、传播和扩散, 保障云南省农业安全、经济安全以及农产品贸易安全。

番茄潜叶蛾食性杂, 蔬菜种植地区食源丰富, 往往发生量大, 世代重叠, 容易产生抗药性, 因此防治较为困难。迄今为止, 对番茄潜叶蛾防治措施的研究已有大量的报道。使用杀虫药剂、释放寄生蜂 (Anaïs et al., 2013)、捕食性螨 (Obiratanea et al., 2015)、选用高产抗性品种 (Saeedeh et al., 2017) 都已取得较好的成效。其中, 化学防治是控制这种破坏性害虫最为快速而有效的方法, 但由于杀虫剂的大量使用, 及其强大的繁殖能力, 在国外多个地区发现番茄潜叶蛾对菊酯类、二酰胺类等多种杀虫剂产生抗药性 (Haddi et al., 2012; Roditakis, et al., 2013; Jefferson et al., 2016)。因此, 在国内发生区域, 明确其发生和为害情况, 筛选有效的防治药剂, 在阻止该虫发生蔓延的同时, 减缓抗药性的产生显得尤为重要。2017 年 8 月, 在新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州露地鲜食番茄上首次发现南美番茄潜叶蛾 (张桂芬等, 2019), 并对 9 种内吸性杀虫剂进行了筛选, 确定阿维·氯苯醌、甲氧

虫酰肼、氯虫苯甲酰胺可作为该害虫的防治药剂(阿米热等,2020)。本研究调查云南省番茄潜叶蛾在不同区域、不同寄主植物上的发生为害情况,通过筛选有效的防控药剂,旨在为云南番茄潜叶蛾的为害与扩散蔓延提供高效的预防控制技术。

1 材料与方法

1.1 为害作物调查

调查作物包括番茄 *Lycopersicon esculentum* Mill.、马铃薯 *Solanum tuberosum* L.、茄子 *Solanum melongena* L.、辣椒 *Capsicum annuum* L.、烟草 *Nicotiana tabacum* L.、枸杞 *Lycium barbarum* L. 等茄科植物。全县8个乡镇,每个乡镇普查3个村委会,每个村委会调查2个自然村,每个自然村调查15块田,设施大棚蔬菜和茄科作物种植区为重点调查区域。宏观调查以田间踏查目测为主,取样单位以丘(块)为一个样本,记录发生面积、发生程度、栽培品种、作物生育期等情况。

1.2 幼虫量调查

选择3个区域,采用“W”形均匀选点,每个区域选5个点,每点连续调查10株,记录危害株数;每株上、中、下随机各选取2片叶子、2个果子,记录为害叶数、为害果数,每个叶片的卵、幼虫、蛹,计算被害株率、被害叶率、百叶虫量、被害果率、每果的幼虫数。

1.3 成虫虫量调查

采用性信息素诱集法,诱捕器三角型和水盆型2种,诱芯由北京市农林科学院植物保护环境保护研究所提供。2020年7月7日放置,调查点弥渡县弥城镇龙泉村委会马房村2 hm²的连体大棚,共放置10个三角型诱捕器和10个水盆型诱捕器,两种不同的诱捕器交叉摆放,2个诱捕器间的距离不小于50 m,调查时间7月14日-9月1日,番茄处于移栽期至结果期,1周调查1次,记录诱集到的成虫数量,记录完后及时更换三角形诱捕器的粘虫板和清除水盆型诱捕器盆中的成虫。

1.4 蛹调查

在成虫调查区进行挖土调查,按五点取样法,每点调查0.5 m²,挖土10 cm深,用分样筛孔径10 mm,1.7 mm,0.83 mm筛土,调查1.7 mm,0.83 mm分样筛中入土老熟幼虫、活蛹、死蛹和蛹壳数量。

1.5 田间防效试验

1.5.1 供试药剂

25%噻虫嗪可湿性粉剂 WG(上海沪联生物药业(夏邑)股份有限公司),4 000 倍液;

6%阿维·氯虫苯甲酰胺悬浮剂 SC(先正达南通作物保护有限公司),1 000 倍液;

50%噻虫胺可湿性粉剂 WG(陕西美邦农药有限公司),4 000 倍液;

30%虫螨腈悬浮剂 SC(山东申达作物科学有限公司),2 000 倍液;

130亿粘颖·苏云菌(扬州绿源生物化工有限公司),800 倍液;

6%乙基多杀菌素悬浮剂 SC(广东德利生物科技有限公司),1 200 倍液;

12%噻虫·高氯氟悬浮剂 SC(江西众和化工有限公司),2 000 倍液;

33%阿维·灭蝇胺悬浮剂 SC(陕西美邦农药有限公司),2 000 倍液。

1.5.2 试验方法

试验地点为弥渡县弥城镇龙泉村委会马房村番茄种植大棚,番茄处于结果期,前茬作物为西葫芦。试验8个处理,以清水作对照,每个处理设3个重复,共设27个试验小区,小区随机排列,小区面积27 m²。

施药时间为2020年4月13日下午,施药时棚内平均气温23.7℃,相对湿度61%,以农宝-20型背负式电动喷雾器茎叶一次性均匀喷雾,药剂用水量1 200 L/hm²。

施药前1 d,药后3 d、5 d、7 d,每个处理按“W”字形分别采用五5点取样法,每点选取1株植株,随机摘取为害程度为2级~3级叶片10个,带回试验室拨检活虫数。

虫口率(%)=(活虫数/调查叶片数)×100

虫口减退率(%)=(药前虫口率-药后虫口率)/药前虫口率×100

防治效果(%)=(处理区虫口减退率-对照区虫口减退率)/(1-对照区虫口减退率)×100

1.6 数据统计与分析

调查记录的数据经 Excel 整理后,采用 SPSS 19.0 对不同处理的虫口减退率、防治效果进行统计分析,均值采用 Duncan 氏新复极差法进行单因素的多重比较,显著性水平 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 番茄潜叶蛾为害作物与危害程度普查结果

2018年6月,对8个乡镇22个村委会进行大田普查,茄科作物田共638块,其中未发生该虫害的田块414块,发生该虫为害的田块224块,虫田率35.11%。全县番茄种植区域均有不同程度发生,大棚种植重于露地种植,调查田块中露地番茄285块,发生154块,虫田率54.04%,大棚番茄67块,发生67块,虫田率100%,茄子、马铃薯有极少量田块发生,而烟草、辣椒、枸杞上尚未发现该虫(图1)。

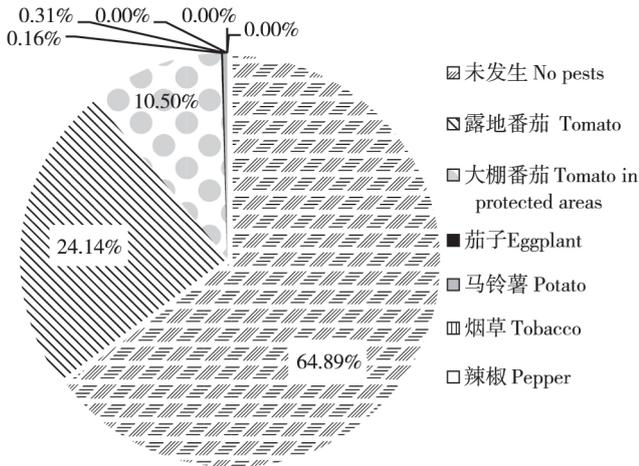


图1 番茄潜叶蛾为害作物普查结果

Fig. 1 Crop infected with *Tuta absoluta* census results

2.2 番茄潜叶蛾在番茄上的发生为害情况

2.2.1 田间虫量

2020年6月12日对大棚采收期的番茄进行了番茄潜叶蛾发生为害调查,调查表明,番茄潜叶蛾对番茄的被害株达100%,被害叶94.67%,被害果达19.33%。发生卵量16.67~76.67粒/百叶,平均50.33粒/百叶;幼虫55.00~101.67头/百叶,平均74.00头/百叶,0~76.67头/百果,平均27.33头/百果;蛹10.00~28.33头/百叶,平均19.00头/百叶,0~10.00头/百果,平均3.00头/百果,挖土查蛹5个取样点2.5 m²土样共发现老熟幼虫3头,活蛹67头,蛹壳213个,活成虫6头,蛹的平均密度为30.40头/m²(图2)。

2.2.2 成虫量和性诱剂诱集效果

2020年7月7日至9月1日,10个三角型诱

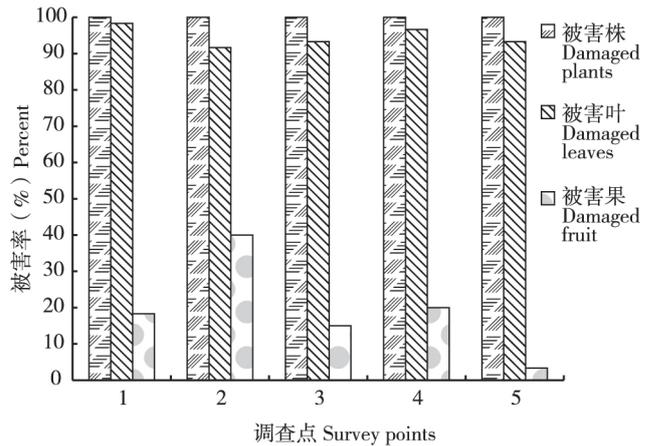


图2 番茄潜叶蛾田间虫量

Fig. 2 Field occurrence of *Tuta absoluta*

捕器共诱到雄蛾1765头,10个水平型诱捕共诱到雄蛾1504头,28~35 d达到诱虫量峰值,即8月4日,10个三角型诱捕器1周平均诱蛾量61.20头/卡,最高为132头/卡,10个水盆诱捕器1周平均诱蛾量50.91头/盆,最高为89头/盆。调查结果表明:供试番茄潜麦蛾诱芯的引诱效果较好,持效期长,专一性强,调查期间没诱到其它昆虫,两种不同的诱捕器总诱蛾量相差不大,三角型诱捕器的诱蛾量前期高于水盆型诱捕器,三角型诱捕器便于调整高度,水盆型诱捕器成本低,可根据实际情况进行选择(图3)。

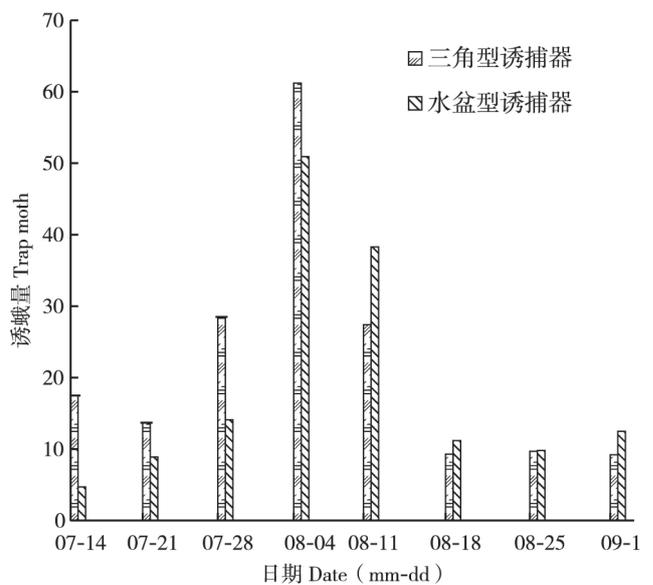


图3 番茄潜叶蛾性诱剂田间诱蛾量

Fig. 3 Field trapping quantity of *Tuta absoluta* by sex pheromone

2.3 不同杀虫剂对番茄潜叶蛾田间防治效果

药后 3 d, 33% 阿维·灭蝇胺、6% 阿维·氯虫苯甲酰胺、30% 虫螨腈 SC、6% 乙基多杀菌素 SC、50% 噻虫胺 WG、12% 噻虫·高氯氟 SC 和 12% 噻虫·高氯氟 SC 的防效在 42.82% ~ 74.30% 间, 防效差异不显著, 对番茄潜叶蛾都具有一定的防治效果, 130 亿粘颗·苏云菌和 25% 噻虫嗪

WG 的防效略差 (图 4)。

药后 5 d, 6% 阿维·氯虫苯甲酰胺 SC、30% 虫螨腈 SC 和 6% 乙基多杀菌素 SC 的防效上升到了 73% 以上, 显著高于其他处理, 50% 噻虫胺 WG 的防效 65.06%, 33% 阿维·灭蝇胺的防效下降到 41.33%, 12% 噻虫·高氯氟 SC、130 亿粘颗·苏云菌和 25% 噻虫嗪防效均低于 50% (图 5)。

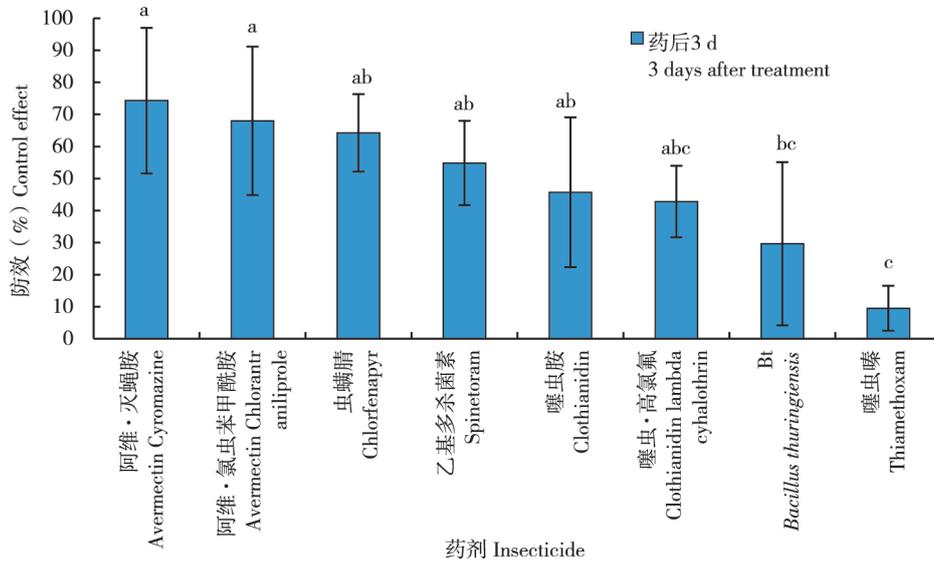


图 4 喷施不同杀虫剂药后 3 d 对番茄潜叶蛾田间防治效果

Fig. 4 Field control effect of different insecticides on *Tuta absoluta* after three days treatment

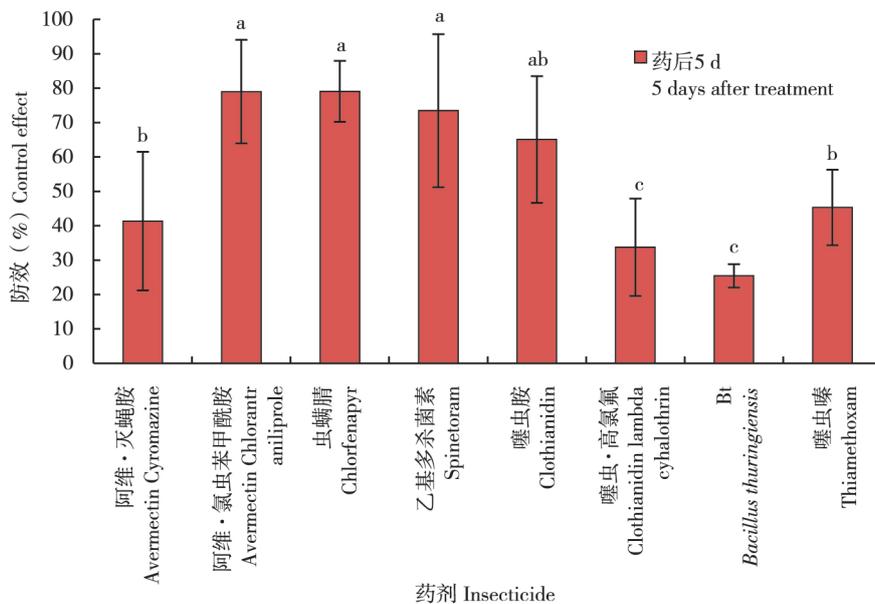


图 5 喷施不同杀虫剂药后 5 d 对番茄潜叶蛾田间防治效果

Fig. 5 Field control effect of different insecticides on *Tuta absoluta* after five days treatment

药后 7 d, 6% 阿维·氯虫苯甲酰胺 SC 和 30% 虫螨腈 SC 防效达到了 80% 以上, 6% 乙基多杀菌素 SC 防效 65.70%, 显著高于其它处理, 33% 阿维·灭蝇胺的防效 43.94%, 50% 噻虫胺 WG 的防

效下降到 21.89%, 12% 噻虫·高氯氟 SC、130 亿粘颖·苏云菌和 25% 噻虫嗪防效均低于 40% (图 6)。

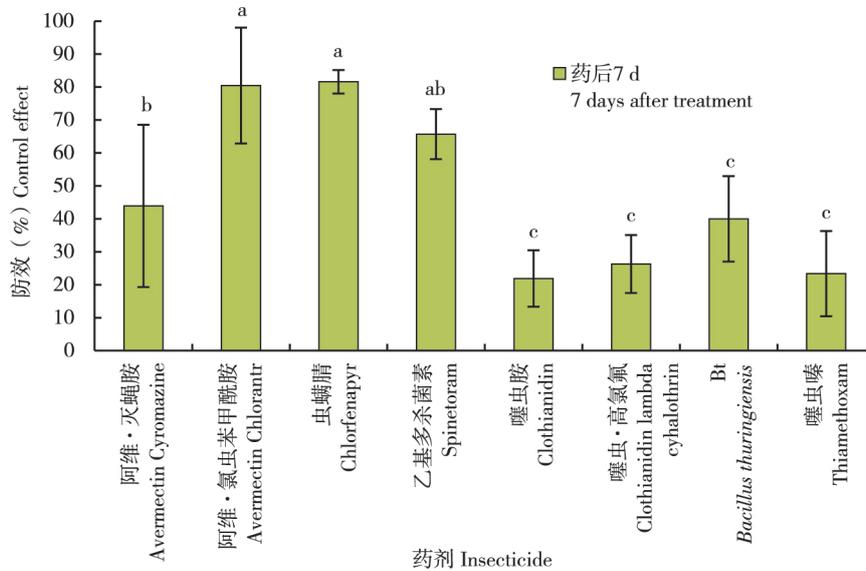


图 6 喷施不同杀虫剂药后 7 d 对番茄潜叶蛾田间防治效果

Fig. 6 Field control effect of different insecticides on *Tuta absoluta* after seven days treatment

药效结果表明: 30% 虫螨腈 SC、6% 阿维·氯虫苯甲酰胺 SC 和 6% 乙基多杀菌素 SC 速效性强、持效性好, 且对番茄安全无药害, 可在番茄潜叶蛾发生始期交替使用; 33% 阿维·灭蝇胺 SC 具有很好的速效性, 药后 3 d 虫口减退率 78.55%, 防效达 74.30%, 持效性略差, 可根据田间实际情况合理选择使用; 50% 噻虫胺 WG 药后 3 d、5 d、7 d 的防效分别为 45.72%、65.06% 和 21.89%, 可作为轮换用药选用; 130 亿粘颖·苏云菌、12% 噻虫·高氯和 25% 噻虫嗪 WG 的防效均低于 50%。

3 结论与讨论

番茄潜叶蛾为多食性害虫, 已报道的寄主植物有 9 科 39 种/属, 其中, 茄科 8 属 17 种, 包括蔬菜、水果、烟草等栽培作物 7 属 8 种 (张桂芬等, 2020), 最适寄主为番茄, 在马铃薯和茄子上种群增长潜能较强, 具有暴发成灾的可能, 在辣椒上无法完成生长发育 (李晓维等, 2019), 通过大田普查, 弥渡县番茄被害最重, 茄子有极少量发生, 马铃薯, 烟草、辣椒上尚未发现发生危害, 与番茄潜叶蛾对 4 种茄科植物的适应性研究的结果一致 (李晓维等, 2019)。除寄主植物之外, 温

度是入侵害虫定殖和爆发成灾的重要因素, 番茄潜叶蛾的发育最适温度 27.36℃, 在 27.36℃ 种群增长速度最快 (李栋等, 2019), 弥渡县属中亚热带季风气候, 适宜番茄潜叶蛾的发生, 大棚番茄是番茄潜叶蛾的重点防控区域, 并做好马铃薯和烟草的监测。

目前对于新入侵的番茄潜叶蛾, 药剂防治是控制其发生与危害的首选, 通过田间药效筛选, 虫螨腈、阿维·氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素、阿维·灭蝇胺均可作为番茄潜叶蛾的防治药剂, 室内毒力测定的结果表明甲维盐、氯虫腈对番茄潜叶蛾的敏感性最强, 可作为防控该害虫的药剂 (马琳等, 2019)。新疆地区对 9 种杀虫剂进行了筛选, 筛选结果阿维·氯苯酰、甲氧虫酰肼和氯虫苯甲酰胺 3 种药剂对番茄潜叶蛾的防治效果和虫口减退率均在 90% 以上, 后两者在后期效果最为明显, 具有持效性 (阿米热·牙生江等, 2020)。张桂芬等 (张桂芬等, 2020) 研究表明 32 000 IU/mg Bt G033A WP 对番茄潜叶蛾各龄幼虫的毒力均较高毒力均较高, 100 倍液 (10 g/L) 喷雾防治低龄幼虫即有较好的防效, 而本研究选用 800 倍液, 防效低于 40%, 出现防效的差异除了使用浓度和剂型外, Bt 制剂杀虫活性受光和温度的影响 (张宏

宇和喻子牛, 1977), Bt 制剂是否适用于云南番茄潜叶蛾的防治有待进一步开展实验研究。结合各地的研究结果, 虫螨腈、阿维·氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素、阿维·灭蝇、甲维盐、甲氧虫酰胺和氯虫苯甲酰胺均可作为防治番茄潜麦蛾的推荐药剂。

目前, 云南临沧(林兴华等, 2021)、玉溪(王树明等, 2020)、大理等地州市均发现番茄潜麦蛾的发生, 警惕其种群在云南的繁殖扩散, 影响番茄、马铃薯和烟草产业的发展, 必须加强监测预警, 开展综合防控技术的研究。番茄潜麦蛾已对拟除虫菊酯类、阿维菌素、邻甲酰氨基苯甲酰胺类、以及生物源药剂多杀菌素、印楝素、几丁质合成抑制剂产生了抗性(张桂芬等, 2018), 室内毒力测定表明入侵云南的种群对多种农药产生了一定的抗性(马琳等, 2019), 除选用化学农药进行应急防控外, 要加大生物防治、物理防治和农艺措施的研究和应用。建议在重发生区长期悬挂性诱剂诱杀成虫, 换茬时立即清除秸秆集中喷药覆盖处理, 翻地后覆膜熏蒸, 压低虫口基数; 引入赤眼蜂、盲蝽、拟猎蝽等天敌昆虫控制卵和幼龄数量, 降低种群增长; 并通过测定棚室番茄受番茄潜夜蛾为害的产量损失, 确定防治指标, 建立云南区域综合防控技术, 指导农户科学防治。

参考文献 (References)

Aigbedion - Atalor PO, Hill MP, Zalucki MP, et al. The South America tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), spreads its wings in eastern Africa: Distribution and socioeconomic impacts [J]. *J. Econ. Entomol.*, 2019, 112 (6): 2797 - 2807.

Amire Y, Adili S, Fu KY, et al. Control effects of 9 pesticides on tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2020, 57 (12): 2291 - 2298. [阿米热·牙生江, 阿地力·沙塔尔, 付开赞, 等. 9 种杀虫剂对番茄潜叶蛾的防治效果评价 [J]. 新疆农业科学, 2020, 57 (12): 2291 - 2298]

Anais C, Antonio B, Peng H, et al. Suitability of the pest-plant system *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) -tomato for *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitoids and insights for biological control [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2013, 106 (6): 2310 - 2321.

Arnó J, Gabarra R, Molina P, et al. *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) success on common solanaceous species from California tomato production areas [J]. *Environ. Entomol.*, 2019, 48 (6): 1394 - 1400.

Desneux N, Wajnbe RGE, Wyckhuys KAG, et al. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: Ecology, geographic

expansion and prospects for biological control [J]. *Journal of Pest Science*, 2010, 83: 197 - 215.

Haddi K, Berger M, Bielza P, et al. Identification of mutations associated with pyrethroid resistance in the voltage - gated sodium channel of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*) [J]. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 2012, 42: 506 - 513.

Idriss GEA, Plessis H, Khamis FM, et al. Host range and effects of plant species on preference and fitness of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [J]. *J. Econ. Entomol.*, 2020, 113 (3): 1279 - 1289.

Jefferson ES, Carla POA, Lilian MSR, et al. Field - evolved resistance and cross-resistance of Brazilian *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) populations to diamide insecticides [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2016, 109 (5): 2190 - 2195.

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 XW, Li D, Guo WC, et al. Host - plant suitability of South America tomato pinworm *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on four solanaceous plants [J]. *Plant Quarantine*, 2019, 33 (3): 1 - 5. [李晓维, 李栋, 郭文超, 等. 番茄潜叶蛾对 4 种茄科植物的适应性研究 [J]. 植物检疫, 2019, 33 (3): 1 - 5]

Lin XH, Yang ZL, Wei LL, et al. Research on *Tuta absoluta* (Meyrick) dynamic monitoring and control technology in Lincang [J]. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 2021, 1: 9 - 11. [林兴华, 杨子林, 韦丽莉, 等. 临沧市番茄潜麦蛾动态监测与防控技术研究 [J]. 云南农业科技, 2021, 1: 9 - 11]

Ma L, Li XW, Wang SM, et al. Toxicity of six insecticides to *Tuta absoluta* (Meyrick) in Yunnan. In: Beijing: Proceedings of 2019 Academic Annual Meeting of China Plant Protection Society [C], 2019, 276. [马琳, 李晓维, 王树明, 等. 6 种杀虫剂对云南地区番茄潜叶蛾的室内毒力测定. 见: 北京: 中国植物保护学会 2019 年学术年会论文集 [C], 2019, 276]

Obiratanea SQ, Rodrigo SR, Lessando MG, et al. Functional response of three species of predatory pirate bugs attacking eggs of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [J]. *Environmental Entomology*, 2015, 44 (2): 246 - 251.

Roditakis E, Skarmoutsou C, and Staurakaki M. Toxicity of insecticides to populations of tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) from Greece [J]. *Pest Manag. Sci.*, 2013, 69: 834 - 840.

Saeedeh G, Yaghouf F, Shahriar A. Susceptibility of seven selected tomato cultivars to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), Implications for its management [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2017, 110 (2): 421 - 429.

Wang SM, Fang F, Wang TZ, et al. Raiting effect of different traps on *Tuta absoluta* (Meyrick) [J]. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 2020, 3: 21 - 22. [王树明, 冯凡, 王田珍等. 不同诱捕器对番茄潜叶蛾诱集效果试验 [J]. 云南农业科技,

- 2020, 3: 21–22]
- Xian XQ, Zhang GF, Liu WX, *et al.* Risk assessment of the invasion of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) into China [J]. *Journal of Plant Protection*, 2019, 46 (1): 49–55. [张桂芬, 张毅波, 刘万学, 等. 世界性害虫番茄潜叶蛾入侵我国的风险分析 [J]. 植物保护学报, 2019, 46 (1): 49–55]
- Zhang DF, Zhang YB, Liu WX, *et al.* Evaluation of trapping efficacy of four sources of sex pheromone lures on the South American tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) a newly invaded alien insect pest in China [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (5): 303–308. [张桂芬, 张毅波, 刘万学, 等. 4种性信息素产品对新发南美番茄潜叶蛾引诱效果研究 [J]. 植物保护, 2020, 46 (5): 303–308]
- Zhang GF, Liu WX, Wan FH, *et al.* Bioecology, damage and management of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), a worldwide quarantine pest [J]. *Journall of Biosafety*, 2018, 27 (3): 155–163. [张桂芬, 刘万学, 万方浩, 等. 世界毁灭性检疫害虫番茄潜叶蛾的生物生态学及危害与控制 [J]. 生物安全学报, 2018, 27 (3): 155–163]
- Zhang GF, Ma DY, Liu WX, *et al.* The arrival of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in China [J]. *Journal of Biosafety*, 2019, 28 (3): 200–203. [张桂芬, 马德英, 刘万学, 等. 中国新发现外来入侵害虫—南美番茄潜叶蛾 (鳞翅目: 麦蛾科) [J]. 生物安全学报, 2019, 28 (3): 200–203]
- Zhang GF, Xian XQ, Zhang YB, *et al.* Warning of the dispersal of a newly invaded alien species, tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick), in China [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (2): 281–286. [张桂芬, 洗晓青, 张毅波, 等. 警惕南美番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* (Meyrick) 在中国扩散 [J]. 植物保护, 2020, 46 (2): 281–286]
- Zhang GF, Zhang YB, Zhang J, *et al.* Laboratory toxicity and field control efficacy of biopesticide *Bacillus thuringiensis* G033A on the South American tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick), a new invasive alien species in China [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2020, 36 (2): 175–183. [张桂芬, 张毅波, 张杰, 等. 苏云金芽孢杆菌 G033A 对新发南美番茄潜叶蛾的室内毒力及田间防效 [J]. 中国生物防治学报, 2020, 36 (2): 175–183]
- Zhang HY, Yu ZN. Factors affecting insect control effect of BT preparation [J]. *Plant Protection*, 1997, 23 (4): 41–44. [张宏宇, 喻子牛. 影响苏云金芽孢杆菌制剂防虫效果的因素 [J]. 植物保护, 1997, 23 (4): 41–44]
- Zhang ZR. *Tuta absoluta* (Povolny) larva [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 1 (56): 50. [张润志. 番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* (Povolny) 幼虫 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 1 (56): 50]