

茶核·苏云菌悬浮剂对灰茶尺蠖的田间防控应用*

唐美君^{1,2**} 郭华伟^{1,2} 李红¹ 张欣欣^{1,3}
王志博¹ 姚惠明¹ 周孝贵¹ 肖强^{1,2***}

(1. 中国农业科学院茶叶研究所, 杭州 310008; 2. 农业部茶叶质量安全控制重点实验室, 杭州 310008;
3. 中国农业科学院研究生院, 北京 100081)

摘要 【目的】茶尺蠖核型多角体病毒 EcobNPV 是一种重要的昆虫病原微生物, 可侵染茶尺蠖 *Ectropis obliqua* 和灰茶尺蠖 *Ectropis grisea* 2 种宿主。为探明茶尺蠖核型多角体病毒制剂的田间应用技术, 对影响防效的 3 个因子喷施方式、剂量和虫龄进行研究。【方法】采用植保无人机和人工喷施 2 种喷施方式, 比较茶核·苏云菌悬浮剂 (1×10^4 PIB·2 000 IU/ μ L) 防治灰茶尺蠖的效果; 设置 75、150 和 375 mL/667 m² 3 种剂量, 比较茶核·苏云菌悬浮剂对灰茶尺蠖的防治效果; 并比较其对灰茶尺蠖 1 龄、2 龄和 3 龄不同虫龄的防治效果。【结果】在相同剂量下, 用植保无人机和人工喷施病毒制剂对灰茶尺蠖的总防效分别为 69.0% 和 67.6%, 两者无显著差异; 在 75、150 和 375 mL/667 m² 3 种剂量下病毒制剂对灰茶尺蠖的防效差异显著, 其中 375 mL/667 m² 剂量下的防效最高, 150 mL/667 m² 其次, 150 mL/667 m² 和 375 mL/667 m² 剂量对灰茶尺蠖的总防效均在 90% 以上; 病毒制剂对灰茶尺蠖 1 龄、2 龄和 3 龄幼虫的防效分别为 93.3%、78.7% 和 67.8%, 对 1 龄幼虫的防效显著高于 3 龄。【结论】茶核·苏云菌悬浮剂防治灰茶尺蠖可选用植保无人机喷施, 剂量可选用 150–375 mL/667 m², 以 1 龄幼虫期喷施防效为最佳。

关键词 核型多角体病毒; 灰茶尺蠖; 应用

The application of *Ectropis obliqua* nucleopolyhedroviruses preparations as a biological control for *Ectropis grisea* in the field

TANG Mei-Jun^{1,2**} GUO Hua-Wei^{1,2} LI Hong¹ ZHANG Xin-Xin^{1,3} WANG Zhi-Bo¹
YAO Hui-Ming¹ ZHOU Xiao-Gui¹ XIAO Qiang^{1,2***}

(1. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China;

2. Key Laboratory of Tea Quality and Safety Control, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Hangzhou 310008, China;

3. Graduate School of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract 【Objectives】To investigate techniques for using *Ectropis obliqua* nucleopolyhedrovirus (EcobNPV) preparations, a pathogen that can infect both *Ectropis obliqua* and *Ectropis grisea*, to control these pests. 【Methods】The effects of different application methods (drone and sprayer), larval instar (1st, 2nd and 3rd instar larvae) and dosages (75, 150 and 375 mL/667 m²) on the effectiveness of EcobNPV preparations containing both 1×10^4 PIB/ μ L EcobNPV and 2 000 IU/ μ L *Bacillus thuringiensis*, were tested in field trials. 【Results】There was no significant difference in the effectiveness of EcobNPV preparations of the same dosage applied with either a drone (69.0%) or sprayer (67.6%). The optimal dose of EcobNPV preparations was 375 mL/667 m², followed by 150 mL/667 m²; the effectiveness of both doses exceeded 90%. The effectiveness of EcobNPV preparations on 1st, 2nd and 3rd instar larvae was 93.3%, 78.7% and 67.8%, respectively, and its effectiveness on 1st instar larvae was significantly higher than that on 3rd instar larvae. 【Conclusion】EcobNPV preparations

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划 (2019YFD1002100); 中国农业科学院创新工程 (CAAS-ASTIP-2019-TRICAAS)

**第一作者 First author, E-mail: tmjtea@tricaas.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: xqtea@tricaas.com

收稿日期 Received: 2021-12-23; 接受日期 Accepted: 2022-02-06

can be applied by drones to control tea geometrids. First instar larvae are most susceptible to EcobNPV preparations and the optimal dose is 150-375 mL/667 m².

Key words nucleopolyhedrovirus; *Ectropis grisea*; application technology

茶园病虫的天敌种类繁多, 仅病原性天敌目前已知的就有 120 余种 (Idris *et al.*, 2020; 肖强, 2020), 目前在茶叶生产上应用最多的为茶尺蠖核型多角体病毒 (*Ectropis obliqua* nucleopolyhedroviruses, 简称 EcobNPV)。它属杆状病毒科 (Baculoviridae) A 亚组, 是一种对茶尺蠖 *Ectropis obliqua* Prout 具高致病力的病原微生物, 最早在茶尺蠖罹病幼虫上发现 (赵烨烽和侯建文, 1980)。因其具有致病力高、控害作用强, 对生态安全等优点而倍受研究者关注 (陈棣华等, 1986; 张益民等, 1989; 叶恭银等, 1994; Ma *et al.*, 2006)。经多年研究, 该病毒制剂已获得农药登记, 成为茶园害虫绿色防控的重要组成部分 (殷坤山等, 2000; 徐健等, 2005; 陈宗懋等, 2020)。

近年来的研究表明, 茶尺蠖核型多角体病毒不仅致病茶尺蠖, 也可侵染灰茶尺蠖 *E. grisea* Warren (唐美君等, 2017)。但 EcobNPV 对这 2 种尺蠖的致病力存在较大差异 (唐美君等, 2017; 李红等, 2020; 徐彬等, 2021), EcobNPV 同一毒株对灰茶尺蠖的 LC₅₀ 值是对茶尺蠖的 1 800 倍 (唐美君等, 2017), 对灰茶尺蠖的 LD₅₀ 是对茶尺蠖的 28.9 倍 (李红等, 2020), 对灰茶尺蠖的致病力低于对茶尺蠖 (徐彬等, 2021)。茶尺蠖病毒杀虫剂防治茶尺蠖的应用技术已做过详细研究, 明确了代别、虫龄、不同喷雾器和用水量等对茶尺蠖病毒防治茶尺蠖的影响 (殷坤山等, 2003)。EcobNPV 对不同代别和不同虫龄灰茶尺蠖的室内致病效果已做过测定 (唐美君等, 2017), 但迄今为止, 茶尺蠖病毒制剂防治灰茶尺蠖的田间应用技术尚缺乏系统研究。而相对茶尺蠖来说, 灰茶尺蠖分布更广, 为害性更大 (Li *et al.*, 2019), 且之前报道的灰茶尺蠖核型多角体病毒 (EcgrNPV) 被证实为茶尺蠖核型多角体病毒 (毛迎新等, 2010)。因此, 以灰茶尺蠖为

靶标对象, 开展茶尺蠖病毒制剂的应用技术研究十分有应用价值和重要意义。

为了探明茶尺蠖病毒制剂防治灰茶尺蠖的田间应用技术, 更好地推广应用茶尺蠖病毒制剂, 本研究选择了喷施方式、防治虫龄和制剂使用剂量这 3 项因子开展田间试验, 明确该病毒制剂对灰茶尺蠖的田间防控效果, 研究结果可为茶尺蠖病毒制剂对灰茶尺蠖的田间防控应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验药剂

茶核·苏云菌悬浮剂 (茶尺蠖核型多角体病毒 1×10^4 PIB/ μ L·苏云金杆菌 2 000 IU/ μ L), 扬州绿源化工有限公司当年产品。

1.2 不同喷施方式下茶核·苏云菌悬浮剂防治灰茶尺蠖的田间试验

试验地点为浙江省金华采云间茶业有限公司九峰生态茶园 17 号地块, 于第 1 代灰茶尺蠖发生期开展试验, 试验时灰茶尺蠖虫龄为 2-3 龄。设置以下 3 个处理, 处理 1: 用植保无人机 (以下简称飞防) 喷施病毒制剂; 处理 2: 人工喷施病毒制剂; 处理 3: 不喷施药剂作为空白对照。病毒制剂的使用剂量均为茶核·苏云菌悬浮剂 150 mL/667 m²。每处理设置 3 次重复, 每重复试验面积 22.5 m²。飞防所用植保无人机机型为大疆 MG-1P 型, 用水量 2.5 L。人工喷施所用喷雾器为 MH-D16-3A 型智能电动喷雾器, 用水量 15 L。药剂喷施 1 d 后, 采集试验地块中的灰茶尺蠖幼虫, 每重复 30 头以上, 同时, 剪取田间不同处理茶枝并带回室内, 在室温下用不同处理茶枝的叶片分别饲喂采集的灰茶尺蠖幼虫, 饲喂 3 d 后用无病毒茶树叶饲喂至化蛹 (殷坤山等,

2003)。实验记录总虫数,待幼虫出现死亡,每日记录幼虫死亡数,直至化蛹。寄生蜂或真菌致死的幼虫均从总虫数中剔除。待蛹羽化后,统计死亡蛹数。计算不同处理幼虫期死亡率和总死亡率,并与空白对照相比较,计算相应的校正死亡率。

1.3 茶核·苏云菌悬浮剂对不同虫龄灰茶尺蠖的田间防效试验

试验地点为浙江省绍兴御茶村茶业有限公司基地遮阴茶园,于第1代灰茶尺蠖发生期进行试验,试验时灰茶尺蠖虫龄为1-3龄。用药量为茶核·苏云菌悬浮剂500倍(150 mL/667 m²),人工喷施,用水量75 L/667 m²,同时设置不喷施药剂为空白对照。药剂处理和对照处理均设3次重复,每重复试验地面积22.5 m²。喷药前先标记发虫中心,每重复确保有2-3个发虫中心。喷施病毒制剂后,待药液晾干,从发虫中心分别采集1龄、2龄和3龄幼虫放入养虫瓶中,每重复30头以上。带回室内饲养观察,死亡率调查方法同1.2。

1.4 不同剂量下茶核·苏云菌悬浮剂对灰茶尺蠖的田间试验

试验地点为浙江省绍兴上虞章镇茶园,于第3代灰茶尺蠖初孵幼虫发生高峰期开展不同剂量的比较试验。试验共设4个处理,处理1:茶核·苏云菌悬浮剂200倍(即375 mL/667 m²),处理2:茶核·苏云菌悬浮剂500倍(即150 mL/667 m²),处理3:茶核·苏云菌悬浮剂1 000倍(即75 mL/667 m²),处理4:以不喷施药剂为空白对照。每处理设3个重复,每重复小区面积22.5 m²。采用手动喷雾,用水量75 L/667 m²。于喷施药剂后的第2日,抓虫带回室内饲养观察,死亡率调查方法同1.2。

1.5 茶核·苏云菌悬浮剂在茶园大面积应用效果调查

在大面积喷施过茶核·苏云菌悬浮剂的茶园开展防效调查,以茶园周边未喷施病毒的茶地为

空白对照。2020年4月23日,选择浙江省金华九峰茶叶公司茶园,靶标对象为灰茶尺蠖,飞防喷施病毒制剂53.3 hm²,用药量150 mL/667 m²,飞防所用植保无人机机型为大疆MG-1P型,用水量2.5 L;2020年4月29日,选择浙江省杭州市余杭区兴挺茶叶公司茶园,靶标对象为茶尺蠖,机动弥雾机喷施病毒制剂20 hm²,用药量100 mL/667 m²;2021年4月9日,选择浙江省杭州市余杭区长乐林场茶园,靶标对象为茶尺蠖,机动弥雾机喷施病毒制剂20 hm²,用药量150 mL/667 m²;2021年5月20日,选择浙江省兰溪赤山湖茶业有限公司茶园,靶标对象为灰茶尺蠖,飞防喷施病毒制剂10 hm²,用药量150 mL/667 m²,飞防所用植保无人机机型为大疆MG-1P型,用水量2.5 L;在喷施茶核·苏云菌悬浮剂后,随机选择3块茶地,面积约75 m²,在每块茶地随机采集尺蠖幼虫30-40头,带回室内饲养观察,死亡率调查方法同1.2。

1.6 数据统计与方法

采用DPS12.01软件对数据进行统计分析,利用t-检验法对2种喷施方式下幼虫死亡率和总死亡率数据进行差异显著性检验;利用单因素完全随机设计对不同虫龄和不同剂量下幼虫死亡率和总死亡率进行方差分析,数据经反正弦平方根转换(唐启义,2001a,2001b),差异显著性采用Duncan's新复极差法进行检验。

2 结果与分析

2.1 不同喷施方式下茶核·苏云菌悬浮剂对灰茶尺蠖的防治效果

通过比较植保无人机喷施和传统人工喷施茶核·苏云菌悬浮剂对灰茶尺蠖的防治效果,结果显示,2种喷施方式下的田间防治效果相当(表1)。植保无人机和传统人工喷施方式在喷施病毒制剂后6-7 d灰茶尺蠖开始出现死亡,幼虫期死亡率为分别59.9%和58.5%($P=0.8462$),总防效分别为69.0%和67.6%($P=0.8633$),2种喷施方式的病毒防效无显著差异。

表 1 不同喷施方式下茶核·苏云菌悬浮剂防治灰茶尺蠖的效果

Table 1 Control effect of EcobNPV preparation with different spraying methods against *Ectropis grisescens*

喷施方式 Spraying methods	调查虫数 (头) Number of larvae observed (ind.)	开始死亡时间 (d) Initial time of death (d)	幼虫期校正死亡率 (%) Larval corrected mortality (%)	总校正死亡率 (%) Total corrected mortality (%)
植保无人机喷施 Drone	21.7±4.9	6-7	59.9±3.4	69.0±3.6
人工喷施 Sprayer	26.0±7.0	6-7	58.5±6.0	67.6±6.7

表中数据为平均值±标准误。
Data in the table are mean ± SE.

2.2 茶核·苏云菌悬浮剂对不同虫龄灰茶尺蠖的防治效果

茶核·苏云菌悬浮剂对不同虫龄灰茶尺蠖的防治效果见表 2。结果表明,茶核·苏云菌悬浮剂(150 mL/667 m²)对 1-3 龄灰茶尺蠖的防治效果差异显著($F=6.395$, $P=0.0419$)。采用人工喷施茶核·苏云菌悬浮剂对灰茶尺蠖 1 龄、2 龄和 3 龄幼虫的防效分别为 93.3%、78.7%和 67.8%,对 1 龄幼虫的防治效果最好,对 2 龄幼虫的防效次之,对 3 龄幼虫的防效最差;对 1 龄幼虫的总防效显著高于 3 龄($F=5.294$, $P=0.0483$)。

2.3 不同喷施剂量下茶核·苏云菌悬浮剂对灰茶尺蠖的防治效果

茶核·苏云菌悬浮剂不同剂量对灰茶尺蠖的田间防治效果存在差异显著,且施用剂量越大,防效越高(表 3)。茶核·苏云菌悬浮剂 200 倍(375 mL/667 m²)的防效最高,幼虫期的防效为 94.3%,显著高于 500 倍和 1 000 倍的防效($F=30.442$, $P=0.0007$);500 倍(150 mL/667 m²)的防效次之,总死亡率为 91.3%,显著高于 1 000 倍的防效($F=11.721$, $P=0.0085$);1 000 倍(75 mL/667 m²)的防效最低,幼虫期死亡率和

表 2 茶核·苏云菌悬浮剂对不同龄期灰茶尺蠖的防效

Table 2 Control effect of EcobNPV preparation on different larval instar of *Ectropis grisescens*

龄期 Larval instars	调查虫数 (头) Number of larvae observed (ind.)	开始死亡时间 (d) Initial time of death (d)	幼虫期校正死亡率 (%) Larval corrected mortality (%)	总校正死亡率 (%) Total corrected mortality (%)
1 龄 1st instar	20.0±5.0	3-5	93.3±6.7a	96.7±3.3a
2 龄 2nd instar	23.3±6.9	3-4	78.7±3.1ab	88.8±7.0ab
3 龄 3rd instar	21.0±3.6	3-9	67.8±2.4b	68.6±0.2b

表中数据为平均值±标准误。同列数据后标有不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。
Data in the table are mean ± SE, and followed by different small letters in the same column indicate significant differences at 0.05 levels.

表 3 茶核·苏云菌悬浮剂不同剂量对灰茶尺蠖的防效

Table 3 Control effect of EcobNPV preparation on different dose against *Ectropis grisescens*

药剂用量 (mL/667 m ²) Dose (mL/667 m ²)	调查虫数 (头) Number of larvae observed (ind.)	开始死亡时间 (d) Initial time of death (d)	幼虫期校正死亡率 (%) Larval corrected mortality (%)	总校正死亡率 (%) Total corrected mortality (%)
375	57.3±6.4	6-7	94.3±1.1aA	96.7±1.8aA
150	29.7±7.1	6	65.1±2.6bB	91.3±2.0aAB
75	27.7±6.6	6-7	55.1±7.2bB	78.6±0.8bB

表中数据为平均值±标准误。同列数据后标有不同小写和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著。
Data in the table are mean ± SE, and followed by different small and capital letters in the same column indicate significant and extremely significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

总死亡率分别为 55.1% 和 78.6%。综合考虑防效和成本,田间推荐剂量为每 667 m² 喷施 150-375 mL 为宜。

2.4 茶尺蠖病毒制剂大面积应用效果

2020-2021 年在浙江省 4 个茶场进行了茶尺蠖病毒制剂的大面积示范应用,金华和兰溪茶园尺蠖优势种类为灰茶尺蠖,余杭 2 个茶园均为茶尺蠖。调查结果表明,喷施茶核·苏云菌悬浮剂(150 mL/667 m²)防治灰茶尺蠖的平均总防效为 65.7%-70.1%; 低于同期对茶园茶尺蠖的平均总防效(94.0%-100%)(图 1)。

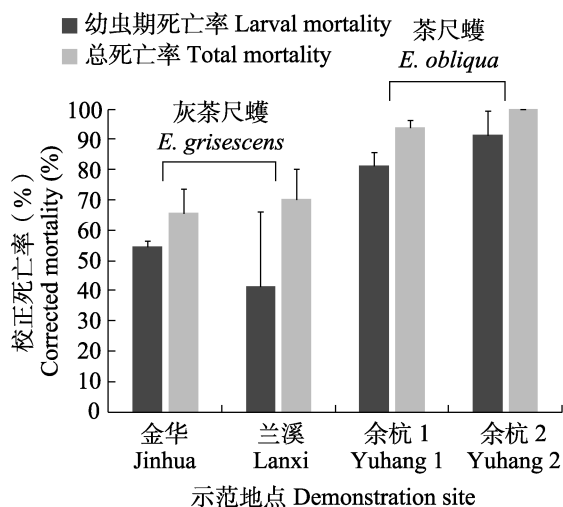


图 1 茶核·苏云菌悬浮剂的防治效果
Fig. 1 Effect of the EcobNPV preparation against tea geometrid

3 讨论

灰茶尺蠖和茶尺蠖为茶园 2 个近缘种,两者形态相似,生物习性和发生规律相近(姜楠等, 2014; 葛超美等, 2016)。灰茶尺蠖年发生 6-7 代,常在第 3 代和第 4 代暴发成灾(王志博等, 2017)。茶尺蠖病毒防治茶尺蠖和灰茶尺蠖均以第 1 代、2 代和第 5 代、第 6 代为佳(殷坤山等, 2003; 唐美君等, 2017)。其中,第 1 代幼虫虫口密度相对最低,且发生时温度较低,十分适宜病毒增殖,故病毒防治以第 1 代最好。茶核·苏云菌悬浮剂已在我国登记用于茶尺蠖的防控,推荐使用剂量为 100-150 mL/667 m²。本研究通过

田间试验分析不同喷施方式和不同剂量的茶核·苏云菌悬浮剂防治灰茶尺蠖效果,同时比较茶核·苏云菌悬浮剂对不同虫龄的防治效果,建议选用植保无人机喷雾器,以 1 龄幼虫期喷施为最佳,茶核·苏云菌悬浮剂剂量可选用 150-375 mL/667 m²,此剂量下对灰茶尺蠖防效在 90% 以上,这为田间应用茶尺蠖病毒制剂防治灰茶尺蠖提供了依据。

虫龄大小对病毒防治效果有显著的影响,虫龄越小,防效越高(殷坤山等, 2003; 唐美君等, 2017)。唐美君等(2017)的室内试验研究表明灰茶尺蠖感染 EcobNPV 时虫龄越小死亡率越高, EcobNPV 田间防治茶尺蠖时对 1-3 龄幼虫的幼虫期防效在 97.7% 以上,对 4 龄幼虫防效较低(殷坤山等, 2003)。本研究结果显示 EcobNPV 田间防治灰茶尺蠖对 1 龄幼虫的幼虫期防效在 90% 以上,对 2 龄幼虫的幼虫期防效降低,为 78.7%,对 3 龄幼虫防效则显著较低。故在实际应用病毒制剂时,在低龄期使用是保证病毒制剂效果的关键。病毒致死率与剂量密切相关,本研究结果也证实了这一结论。茶核·苏云菌悬浮剂是茶尺蠖核型多角体病毒和苏云金杆菌的混剂,其中茶尺蠖核型多角体病毒的含量为 1×10⁷ PIB/mL,而 EcobNPV 对灰茶尺蠖的 LC₅₀(2 龄,药后 9 d)为 2.32×10⁶ PIB/mL(唐美君等, 2017),故之前应用在茶尺蠖上的推荐剂量(750-1 000 倍)防治灰茶尺蠖效果较差,本试验结果显示,茶核·苏云菌悬浮剂防治灰茶尺蠖剂量以每 667 m² 使用 150 mL 以上为佳。

本研究中病毒制剂大面积示范应用时,按照 150 mL/667 m² 剂量对灰茶尺蠖防效为 65.7%-70.1%,这明显低于剂量试验中按照 150 mL/667 m² 喷施后的防效(91.3%),分析这与喷施病毒制剂时灰茶尺蠖的虫龄有关,剂量试验中虫龄比较整齐,且为初孵幼虫,而示范应用的茶园喷施病毒时灰茶尺蠖的虫龄为 1-3 龄,以 2-3 龄为主。这也进一步说明采用病毒制剂防治灰茶尺蠖最佳施用时期为 1 龄期。

在茶核·苏云菌悬浮剂防治灰茶尺蠖不同虫龄的试验中,喷施病毒制剂 3 d 后幼虫开始死亡,

比不同喷施方式和不同剂量试验中的幼虫死亡时间早,这可能与虫龄试验中各处理的虫龄多为初期,对病毒制剂更为敏感有关。

无人机飞防是当今比较先进的喷雾方式,具有高效、省工及省水的特点(袁会珠等,2018)。目前在水稻等大田作物上已有较大面积应用,在茶园也开始小范围应用(肖强等,2019)。本试验结果表明,无人机飞防与手动喷施病毒制剂的效果无差别,证明该病毒制剂采用植保无人机飞防对其对灰茶尺蠖的防效的影响不大,这可能与病毒的作用特点及低龄茶尺蠖和灰茶尺蠖喜食嫩叶,多在茶树蓬面上活动有关;这也为该病毒制剂能够在茶园大面积实施飞防治理害虫提供了科学基础。

随着我国农业减肥减药项目的实施与推动,近年来茶尺蠖病毒制剂的应用面积稳步上升(唐美君等,2021)。但应认识到,茶尺蠖病毒具有缓慢致死的特点,田间防效易受多种因素的影响,害虫暴发时难以迅速压低虫口。为进一步促进生物防治技术的应用,发挥茶尺蠖病毒制剂在生态茶园建设中的作用,今后还应加强茶尺蠖病毒与其他技术手段协调运用的技术,加强病毒高效毒株筛选,以及病毒与其他生物因子协同作用等方面的研究。

参考文献 (References)

- Chen DH, Sun JS, Zhang YM, 1986. Safety test of *Ectropis obliqua* nucleopolyhedrovirus against three beneficial insects. *China Tea*, 8(4): 38–39. [陈棣华, 孙继山, 张益民, 1986. 茶尺蠖核型多角体病毒对三种有益昆虫的安全性试验. 中国茶叶, 8(4): 38–39.]
- Chen ZM, Cai XM, Zhou L, Bian L, Luo ZX, 2020. Developments on tea plant pest control in past 40 years in China. *China Tea*, 42(1): 1–8. [陈宗懋, 蔡晓明, 周利, 边磊, 罗宗秀, 2020. 中国茶园有害生物防控 40 年. 中国茶叶, 42(1): 1–8.]
- Ge CM, Yin KS, Tang MJ, Xiao Q, 2016. Biological characteristics of *Ectropis grisescens* Warren. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 28(3): 464–468. [葛超美, 殷坤山, 唐美君, 肖强, 2016. 灰茶尺蠖的生物学特性. 浙江农业学报, 28(3): 464–468.]
- Idris AL, Fan X, Muhammad MH, Guo Y, Guan X, Huang T, 2020. Ecologically controlling insect and mite pests of tea plants with microbial pesticides: A review. *Archives of Microbiology*, 202(6): 1275–1284.
- Jiang N, Liu SX, Xue DY, Tang MJ, Xiao Q, Han HX, 2014. External morphology and molecular identification of two tea Geometrid moth from southern China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(4): 987–1002. [姜楠, 刘淑仙, 薛大勇, 唐美君, 肖强, 韩红香, 2014. 我国华东地区两种茶尺蠖的形态和分子鉴定. 应用昆虫学报, 51(4): 987–1002.]
- Li H, Tang MJ, Guo HW, Wang ZB, Xiao Q, 2020. Toxicity difference of EoNPV of two sibling species of tea geometrids. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 32(8): 1415–1419. [李红, 唐美君, 郭华伟, 王志博, 肖强, 2020. EoNPV 对茶尺蠖两近缘种的毒力差异. 浙江农业学报, 32(8): 1415–1419.]
- Li ZQ, Cai XM, Luo ZX, Bian L, Xin ZJ, Liu Y, Chu B, Chen ZM, 2019. Geographical distribution of *Ectropis grisescens* (Lepidoptera: Geometridae) and *Ectropis obliqua* in China and description of an efficient identification method. *Journal of Economic Entomology*, 112(1): 277–283.
- Ma XC, Xu HJ, Tang MJ, Xiao Q, Hong J, Zhang CX, 2006. Morphological, phylogenetic and biological characteristics of *Ectropis obliqua* single-nucleocapsid nucleopolyhedrovirus. *The Journal of Microbiology*, 44(1): 77–82.
- Mao YX, Liu MY, Gong ZM, Zhang ZX, Tan RR, 2010. Molecular identification of *Ectropis obliqua* nucleopolyhedrovirus isolated from Hubei strains. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Science Edition)*, 36(6): 685–689, 699. [毛迎新, 刘明炎, 龚自明, 张忠信, 谭荣荣, 2010. 茶尺蠖核型多角体病毒湖北分离株的分子鉴定. 湖南农业大学学报(自然科学版), 36(6): 685–689, 699.]
- Tang MJ, Guo HW, Ge CM, Yin KS, Xiao Q, 2017. Pathogenicity characters of *Ectropis obliqua* nucleopolyhedrovirus on *Ectropis grisescens* Warren and screening of high efficacy strain. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 29(10): 1686–1691. [唐美君, 郭华伟, 葛超美, 殷坤山, 肖强, 2017. EoNPV 对灰茶尺蠖的致病特性及高效毒株筛选. 浙江农业学报, 29(10): 1686–1691.]
- Tang MJ, Li TJ, Guo HW, Leng Y, Xiao Q, Yao HM, Shao YH, 2021. Preliminary study on the application effect and popularization of *Ectropis obliqua* nucleopolyhedrovirus preparation. *Plant Protection Guide of China*, 41(6): 78–80. [唐美君, 李天娇, 郭华伟, 冷杨, 肖强, 姚惠明, 邵元海, 2021. 茶尺蠖病毒制剂的应用效果初探与推广概况. 中国植保导刊, 41(6): 78–80.]
- Tang QY, 2001a. Application of mathematical statistics in plant protection experimental research-Lecture 4: T test for significance of difference between two treatments. *Plant Protection Technology and Extension*, 21(9): 43–45. [唐启义, 2001a. 数理统计在植保试验研究中的应用—第四讲 两处理间差异显著性检验:t 测验. 植保技术与推广, 21(9): 43–45.]
- Tang QY, 2001b. Application of mathematical statistics in plant

- protection experimental research-Lecture 5: Analysis of variance and multiple comparisons. *Plant Protection Technology and Extension*, 21(10): 41–43. [唐启义, 2001b. 数理统计在植保试验研究中的应用—第五讲 方差分析及多重比较. 植保技术与推广, 21(10): 41–43.]
- Wang ZB, Mao TF, Bai JH, Xiao Q, 2017. An investigation on occurrence of tea looper (Lepidoptera: Geometridae) in Zhejiang province in 2016. *Tea*, 43(2): 71–73. [王志博, 毛腾飞, 白家赫, 肖强, 2017. 浙江省2016年茶尺蠖发生情况调查. 茶叶, 43(2): 71–73.]
- Xiao Q, 2020. The List of Tea Plant Pests and Natural Enemies. Beijing: China Agriculture Press. 195–208. [肖强, 2020. 茶树病虫害和天敌名录. 北京: 中国农业出版社. 195–208.]
- Xiao Q, Wang ZB, Guo HW, 2019. Application and development prospect of plant protection UAV in tea garden. *China Tea*, 41(4): 16–18. [肖强, 王志博, 郭华伟, 2019. 植保无人机在茶园的应用与发展前景. 中国茶叶, 41(4): 16–18.]
- Xu B, Han GJ, Qi JH, Li CM, Xu J, Lu YR, Liu Q, 2020. Virulence difference of two strains of EoNPV isolates to *Ectropis obliqua* and *Ectropis grisescens*. *Journal of Tea Science*, 41(4): 545–552. [徐彬, 韩光杰, 祁建杭, 李传明, 徐健, 陆玉荣, 刘琴, 2020. 两个EoNPV毒株对茶尺蠖和灰茶尺蠖的毒力差异. 茶叶科学, 41(4): 545–552.]
- Xu J, Xiao Q, Liu Q, Tang MJ, Yin XD, Yin KS, Zhang AQ, Zhu SD, 2005. Development and application of biopesticides of EoNPV-Bt. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 33(6): 56–58. [徐健, 肖强, 刘琴, 唐美君, 殷向东, 殷坤山, 张爱琴, 祝树德, 2005. 茶尺蠖病毒Bt生物农药尺蠖清的研制与应用. 江苏农业科学, 33(6): 56–58.]
- Ye GY, Hu C, Zhu JQ, Shang JN, 1994. Effects of *Ectropis obliqua* nucleopolyhedrovirus on host population. *Chinese Journal of Plant Protection*, 21(3): 231–237. [叶恭银, 胡萃, 朱俊庆, 商建农, 1994. 茶尺蠖核型多角体病毒对宿主种群的控制作用. 植物保护学报, 21(3): 231–237.]
- Yin KS, Chen HC, Tang MJ, Guo HW, Xiao Q, Yao HM, 2003. Studies on application techniques of EoNPV preparations. *Chinese Journal of Virology*, 18(5): 84–87. [殷坤山, 陈华才, 唐美君, 郭华伟, 肖强, 姚惠明, 2003. 茶尺蠖病毒杀虫剂田间使用技术的研究. 中国病毒学, 18(5): 84–87.]
- Yin KS, Chen HC, Xiao Q, Tang MJ, 2000. Preparation and application of *Ectropis obliqua* nucleopolyhedrovirus. *Chinese Journal of Virology*, 15(S1): 84–87. [殷坤山, 陈华才, 肖强, 唐美君, 2000. 茶尺蠖核型多角体病毒制剂的试制与推广应用. 中国病毒学, 15(S1): 84–87.]
- Yuan HZ, Xue XY, Yan XJ, Qin WC, Kong X, Zhou YY, Wang M, Gao SC, 2018. Applications and prospects in the unmanned aerial system for low-altitude and low-volume spray in crop protection. *Plant Protection*, 44(5): 152–158, 180. [袁会珠, 薛新宇, 闫晓静, 秦维彩, 孔肖, 周洋洋, 王明, 高赛超, 2018. 植保无人机低空低容量喷雾技术应用与展望. 植物保护, 44(5): 152–158, 180.]
- Zhang YM, Zhao HY, Zhang JH, Lan PZ, Sun JS, Hong BB, Yin KS, Zhao YF, Hou JW, Wang ML, 1989. Studies on *Ectropis obliqua* nucleopolyhedrovirus. *Bulletin of Biological Control*, 5(4): 168–172. [张益民, 赵怀宇, 张建红, 兰萍章, 孙继山, 洪北边, 殷坤山, 赵焯烽, 侯建文, 汪命龙, 1989. 茶尺蠖核型多角体病毒研究. 生物防治通报, 5(4): 168–172.]
- Zhao YF, Hou JW, 1980. Observation and determination of *Ectropis obliqua* nucleopolyhedrovirus disease and brief report of field experiment. *China Tea*, 2(3): 14–17. [赵焯烽, 侯建文, 1980. 茶尺蠖病毒病的观察测定和田间试验简报. 中国茶叶, 2(3): 14–17.]