



徐长宝, 谢戈亮, 柯伟政, 王潇潇, 林雨晴, BEATTIE George A. C., 岑伊静. 矿物油对茶园小贯小绿叶蝉的控制效果和对茶叶感官品质的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (4): 1010–1018.

矿物油对茶园小贯小绿叶蝉的控制效果和对茶叶感官品质的影响

徐长宝¹, 谢戈亮², 柯伟政², 王潇潇², 林雨晴²,
BEATTIE George A. C.³, 岑伊静^{2*}

(1. 华南农业大学园艺学院, 广州 510642; 2. 华南农业大学昆虫生态研究室/广东省生物农药创制与应用重点实验室, 广州 510642;
3. School of Science, Western Sydney University, Penrith, NSW 2751, Australia)

摘要: 小贯小绿叶蝉 *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda 是东亚茶树的重要害虫之一, 目前我国主要采用化学防治。本文研究一种 nC23 园艺用矿物油、加德士的 D-C-Tron NR 对其产卵和取食行为的影响, 以及对其田间种群的控制效果, 为在茶园使用矿物油替代化学农药进行防治提供依据。室内选择性试验结果表明, 用矿物油 150 倍液、200 倍液处理茶树离体嫩梢对小贯小绿叶蝉成虫都有显著的拒食和产卵忌避效果, 第 3 天的拒食率分别为 85.59%、89.17%, 产卵忌避率分别为 70.22%、91.5%, 200 倍液处理对若虫也有显著的驱避和拒食效果, 第 2 天驱避率为 81.96%, 第 3 天拒食率为 85.86%。田间试验结果表明, 矿物油 100 倍液、200 倍液、300 倍液处理都显著降低小贯小绿叶蝉田间种群的虫口密度, 其中 100 倍液和 200 倍液的防治效果无显著差异, 处理后 5 d 若虫的校正减退率分别达 89.13%、87.63%, 成虫分别达 87.58%、84.22%, 都显著高于 300 倍液的防效。田间试验结果还表明, 矿物油 3 个浓度处理后茶梢上的卵量显著减少, 其中 100 倍液处理第 7 天的产卵忌避率最高, 达 80.86%, 而各处理茶园蜘蛛的数量与对照相比都没有显著差异。另外, 用矿物油 200 倍液喷施茶树后 5 d、10 d 采摘的茶芽制成绿茶, 经感官评审与对照没有差异, 说明矿物油对小贯小绿叶蝉具有较好的防治效果, 而且对茶园蜘蛛安全, 对茶叶感官品质没有影响, 可以在小绿叶蝉防治中推广应用。

关键词: 矿物油; 小贯小绿叶蝉; 驱避; 取食; 产卵; 茶叶感官品质

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 04-1010-09

Impacts of mineral oil sprays on tea green leafhopper *Empoasca onukii* and tea flavour quality

XU Chang-Bao¹, XIE Ge-Liang², KE Wei-Zheng², WANG Xiao-Xiao², LIN Yu-Qing², BEATTIE George A. C.³, CEN Yi-Jing^{2*} (1. College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Laboratory of Insect Ecology/Key Laboratory of Bio-Pesticide Innovation and Application, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 3. School of Science, Western Sydney University, Penrith, NSW 2751, Australia)

Abstract: Tea green leafhopper, *Empoasca onukii* Matsuda, is a serious pest of tea in East Asia. Synthetic pesticides are widely used for its control in commercial tea plantations in China. In this study, impacts of deposits of aqueous emulsions of an nC23 horticultural mineral oil, Caltex D-C-Tron NR, on

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目“凤凰单丛红茶的研制开发”(2010B090400001)

作者简介: 徐长宝, 男, 1964 年生, 农艺师, 主要从事园艺作物栽培、病虫害防治研究和技术推广, E-mail: xu888@scau.edu.cn

* 通讯作者 Author for correspondence: 岑伊静, 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为昆虫生态学, E-mail: cenyj@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2020-06-11; 接受日期 Accepted: 2020-06-30

feeding and oviposition on tea excised young shoots were determined in choice experiments in a laboratory. Impacts on field populations on the leafhopper and on tea sensory quality were determined in a tea plantation in Guangdong. Three-day old deposits of 0.67% and 0.5% (v/v) oil significantly reduced feeding and oviposition in the laboratory study. On the 3rd day after treatment, feeding by adults was reduced by 85.59% and 89.17% respectively, and oviposition was reduced by 70.22% and 91.5%, respectively. Deposit of 0.5% oil also showed repellency and anti-feeding effect on *E. onukii* nymphs. Two-day old deposit reduced number of nymphs by 81.96%, and three-day old deposits reduced nymphs feeding by 85.86%. Field applications of 0.33%, 0.5% and 1% sprays significantly reduced populations of *E. onukii*. Concentrations of 0.5% and 1% were more effective than 0.33%. Corrected percent reductions in presence of nymphs on the 5th day were 87.63% and 89.13% for 0.5% and 1%, respectively. For adults they were 84.22% and 87.58%, respectively, five days after sprays were applied. Oviposition on sprayed buds was also significantly lower than on control (water) plants, and impacts of the oil sprays on spiders, the most important natural enemies of *E. onukii* in the tea plantation, were not significant compared with water control. Application of 0.5% oil had no effect on the flavour (sapor) of tea prepared from buds picked 5 and 10 days after application of sprays.

Key words: Mineral oil; *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda; repellency; feeding; oviposition; tea flavour

小贯小绿叶蝉 *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda 也常称为茶小绿叶蝉, 上世纪 80 年代前定名为小绿叶蝉 *Empoasca flavescens* Fabricius; 1988 年鉴定为假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* (Gothe) 并一直沿用, 2015 年经分子和形态学鉴定为小贯小绿叶蝉, 属半翅目 Hemiptera 叶蝉科 Cicadellidae, 是东亚地区茶树最重要的刺吸式口器害虫 (Qin *et al.*, 2015; 孟召娜等, 2018; 陈宗懋等, 2020)。这种害虫刺吸为害茶树芽叶, 导致红褐、焦枯、萎缩不展, 在我国, 北至安徽, 南至广东、海南等省茶区均有不同程度的危害, 一般损失达 10% ~ 20%, 严重时达 50% (余素红, 1999)。该虫在长江流域一年发生 9 ~ 11 代, 华南 11 ~ 13 代, 海南多达 17 代 (张汉鹄和谭济才, 2004)。由于缺乏高效无害化的防治技术, 目前对其防治主要依赖化学农药 (陈宗懋等, 2020)。根据我们的调查, 在广东部分主产茶区常年用于防治茶小绿叶蝉的喷药次数达 10 ~ 14 次。因此, 寻找替代化学防治的安全措施十分重要。

矿物油作为农用杀虫剂已有悠久的历史, 具有杀虫谱广、害虫不易产生抗药性的优点, 而且对天敌、人畜和环境安全, 除了通过封闭阻塞昆虫气门杀死小型害虫之外, 对多种害虫有显著的驱避、拒食作用 (Beattie *et al.*, 1996, 2002; 岑伊静等, 1999)。此外, 矿物油还可单独使用或作为杀菌剂的增效剂用于防治柑橘脂点黄斑病、柑

橘溃疡病、香蕉叶斑病和多种作物的白粉病 (Whiteside, 1989; Vawdrey *et al.*, 2004; Rae *et al.*, 2006; 全金城等, 2018)。以矿物油为基础的柑橘病虫害防治取得了显著的效果, 显著减少了橘园化学农药的使用 (Smith *et al.*, 1997; Rae *et al.*, 2006; 全金城等, 2018)。20 世纪 50 年代后化学农药的大量使用使茶园主要害虫由原来的食叶鳞翅目害虫先后演替为蚧类、螨类、叶蝉类和粉虱类害虫 (陈宗懋, 1997), 这些都是矿物油易于控制的、体型小的害虫, 但有关矿物油对茶叶害虫防治的报道很少, 推测可能与旧式矿物油在生长季节使用会影响茶叶的口感有关。上世纪使用的矿物油主要为机油乳剂, 肯尼亚茶叶研究所曾开展了机油乳剂对茶树介壳虫和害螨的防治效果研究。Sudo (1993) 比较了 0.5%、1%、1.5%、2.5% 机油乳剂对圆盾蚧属害虫 *Aspidiotus* sp. 的防治效果和对茶叶产量的影响, 发现 1.5% 处理圆盾蚧的爬虫密度最低、茶叶产量最高; 在温室喷施 2% 的机油乳剂加上 3% 的印楝油对这种盾蚧的毒杀效果比单用 2% 机油乳剂或 3% 印楝油好, 而且印楝油效果最差 (Sudo *et al.*, 2001); 0.05% 机油乳剂对紫红短须螨 *Brevipalpus phoenicis* 的防治效果为 49.3%, 使用后茶叶产量提高 17.5% (Sudo *et al.*, 2004)。在我国, 周铁锋等 (2011) 以 45% 晶体石硫合剂、99% 绿颖矿物油、30% 机油石硫微乳剂为封园药剂, 比较其对茶园

主要害虫的防治效果,结果表明,3种药剂对茶橙瘿螨都有较好的控害效果,但对假眼小绿叶蝉效果则差异较大,绿颖矿物油的两个处理(200 mL/667 m²、300 mL/667 m²)较另外2种药剂好。刘双弟(2010)报道,植物源农药苦参碱、印楝素分别加入300倍液的矿物油后,对假眼小绿叶蝉和茶跗线螨 *Polyphagotars onemus* Latus (Banks) 的防效显著高于单用两种植物源农药和两种常用化学农药硫丹、乐果,而且持效期较长,并对天敌安全,可在有机茶生产中推广应用。本文在室内研究矿物油对小贯小绿叶蝉的驱避、拒食作用,并研究其在茶叶生长季节使用对小绿叶蝉田间种群的控制效果,同时调查其对蜘蛛种群的影响,分析施用矿物油后采摘的茶芽制成茶叶后感官品质的变化,为在有机茶生产中推广应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

矿物油乳剂: D-C-Tron NR (nC23 园艺用矿物油), 加德士公司生产。

供试虫源和茶叶嫩梢: 小贯小绿叶蝉成虫、若虫和茶叶嫩梢均采自潮州市潮安县凤凰镇鹏龙茶业有限公司的大山有机茶园,品种为凤凰单枞,采后直接用于驱避、拒食作用测定。

1.2 试验方法

1.2.1 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉成虫的驱避和拒食作用

从田间采回未受害虫为害的凤凰单枞茶树嫩梢,选择24条长势一致、一芽三叶的梢,随机分成4组,每组6条,2组分别浸入矿物油乳剂150倍液和200倍液、2组浸入清水中约2秒后取出,自然晾干表面水分。准备18个直径3 cm、高5 cm的塑料杯,杯中装满湿润的沙土,将1条矿物油处理梢和1条清水处理梢插在同一个杯里,两条梢尽量远离,将杯子放在直径为15 cm的培养皿中,并用直径10 cm、高25 cm的透明塑料圆筒罩住杯子,接上20头小贯小绿叶蝉成虫,然后用纱布封住塑料圆筒的顶部,分别在处理后1、2、3 d后检查梢上的虫口数,并在第3天把梢取出,剥查处理梢和对照梢上的卵量,以及芽下第一叶的受害斑点数。每处理设6个重复。

1.2.2 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉若虫的驱避和拒食作用

从田间采回未受害虫为害的凤凰单枞茶树嫩

梢,选择12条长势一致、一芽三叶的梢,随机分成2组,每组6条,1组浸入矿物油乳剂200倍液、1组浸入清水中约2秒后取出。自然晾干表面水分后剪下叶片,培养皿内放一张直径为15 cm的滤纸、纸上滴几滴自来水保湿,将1片处理、1片对照叶平放在1个直径为15 cm的培养皿中,然后在每个培养皿正中央接入10头小贯小绿叶蝉若虫,用保鲜膜封住培养皿,同时用针在保鲜膜上扎20个小孔透气。分别在1、2、3 d后检查虫口数,并在第3天检查处理叶片和对照叶片的取食点数。每处理重复6次。

1.2.3 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉田间种群的控制效果

田间试验于夏季在潮州市潮安县凤凰镇鹏龙茶业有限公司的大山有机茶园进行,品种为凤凰单枞,树龄10年,树与树之间枝条不交叉。实验设矿物油乳剂为100倍液、200倍液、300倍液,以清水作对照。每处理4个重复,采用随机区组设计方法。每处理小区为20株茶树,用背负式喷雾器将茶树喷至均匀湿透、开始滴水为度。每小区随机取10株茶树,每株取5条梢,分别于处理前和处理后1、3、5、7 d调查每梢一芽二叶上小贯小绿叶蝉若虫、成虫的数量,并将嫩梢采回室内,剥查其中小贯小绿叶蝉卵的数量。同时,用捕虫网(φ40 cm)在试验小区内随机扫10株茶树,每株树在东、南、西、北、中各扫5网,共50网,统计其中蜘蛛的数量。

1.2.4 矿物油乳剂对茶叶口感的影响研究

试验在华南农业大学园艺学院试验茶园进行,品种为福云6号,于茶芽抽发期喷施1次矿物油乳剂200倍液,喷至茶树叶片正面、背面均匀湿透、开始滴水为度,并以喷布自来水为对照,处理和对照间隔50 m,各喷约20 m²茶树,分别于处理后5 d、10 d采摘茶芽,把相同处理的茶芽放在一起,在茶厂经摊凉、杀青、揉捻、烘干等程序将处理和对照茶芽分别加工成绿茶后,编号送品茶师进行评审。

1.3 数据统计分析方法

1.3.1 室内试验结果计算方法:

驱避率(%) = $\frac{[(\text{对照平均虫口数} - \text{处理平均虫口数}) / (\text{对照平均虫口数} + \text{处理平均虫口数})] \times 100}{100}$

产卵忌避率(%) = $\frac{[(\text{对照平均卵量} - \text{处理平均卵量}) / (\text{对照平均卵量} + \text{处理平均卵量})] \times 100}{1}$

拒食率(%) = $\frac{[(\text{对照平均取食点数} - \text{处理平均取食点数}) / (\text{对照平均取食点数} + \text{处理平均取食点数})] \times 100}{1}$

1.3.2 田间试验结果计算方法:

虫口减退率(%) = $\frac{[(\text{处理前虫口数} - \text{处理后虫口数}) / \text{处理前虫口数}] \times 100}{1}$

校正虫口减退率(%) = $\frac{[(\text{处理虫口减退率} - \text{对照虫口减退率}) / (1 - \text{对照虫口减退率})] \times 100}{1}$

干扰作用控制指数(IIPC) = 处理虫口数/对照虫口数 (庞雄飞等,2000)

1.3.3 试验数据的分析与处理:

采用 DPS system 软件进行处理分析 (唐启义等, 1997)。

2 结果与分析

2.1 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉产卵、取食行为的影响

2.1.1 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉成虫的驱避和拒食作用

矿物油乳剂对小绿叶蝉成虫的驱避作用结果见表 1。由表 1 结果可知, 矿物油乳剂 150 倍液处理后 1、2、3 d 的虫口数与清水对照呈显著差异, 说明该浓度对小贯小绿叶蝉成虫有显著的驱避效果, 其中, 处理后 2 d 的驱避率最高, 达 78.28%。而矿物油乳剂 200 倍液处理后 1、2 d 虽然虫口密度有所下降, 和清水对照相比差异都不显著。

表 1 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉成虫的驱避作用
Table 1 Repellency effect of mineral oil on adults of *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda

处理 Treatment	平均虫口数 (头/梢) Average number of <i>E. onukii</i> (adults /shoot)			驱避率 (%) Reduction in numbers		
	处理后 1 d After 1 d	处理后 2 d After 2 d	处理后 3 d After 3 d	处理后 1 d After 1 d	处理后 2 d After 2 d	处理后 3 d After 3 d
矿物油 150 倍液 0.67% mineral oil	1.07 ± 0.45*	0.67 ± 0.21*	1.05 ± 0.44*	67.58	78.28	53.81
CK	5.10 ± 0.70	5.50 ± 0.49	3.33 ± 0.56	—	—	—
矿物油 200 倍液 0.5% mineral oil	2.67 ± 0.85	3.33 ± 0.24	—	—	—	—
CK	6.67 ± 0.62	4.00 ± 0.41	—	—	—	—

注: 数据后有* 表示同组处理和对照经 *t* 检验在 0.05 水平上差异显著; 差异不显著则不计算驱避率; 矿物油 200 倍液处理因第 1 天、第 2 天差异不显著, 所以第 3 天没有继续调查。Note: Data with * indicate that the treatment and control were significantly different at 0.05 level by *t*-test. The repellency rate was not calculated if the difference was not significant between treatments; The result of 0.5% mineral oil treatment on the 3 d was not further checked because its repellency effect was not significant on day 1 and day 2.

矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉成虫的拒食作用结果见表 2。由表 2 结果可知, 矿物油乳剂 150 倍液和 200 倍液处理后 3 d, 嫩梢上小贯小绿叶蝉的取食点数均显著少于清水对照, 说明 2 个浓度处理均具有显著的拒食效果, 拒食率分别为 85.59% 和 89.17%。

2.1.2 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉成虫的产卵忌避作用

矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉成虫的产卵驱避作用结果见表 3。由表 3 结果可知, 处理后第 3 天, 在矿物油乳剂 150 倍液和 200 倍液处理的嫩梢上, 小贯小绿叶蝉的平均卵数均显著低于与清水对照, 说明 2 个处理均具有显著的产卵忌避效果, 其中, 200 倍液的产卵忌避率达 91.50%, 高于

150 倍液的产卵忌避率 (仅 70.22%)。

2.1.3 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉若虫的驱避和拒食作用

矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉若虫的驱避作用结果见表 4。由表 4 结果可知, 矿物油乳剂 200 倍液处理后 2 d, 叶片上的虫口数与清水对照有显著差异, 驱避率达 81.96%。但处理后 1 d 和 3 d 的虫口数与清水对照差异均不显著。

矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉若虫的拒食作用结果见表 5。由表 5 结果可知, 矿物油乳剂 200 倍液喷施后 3 d, 处理叶片上小贯小绿叶蝉若虫的取食点数显著少于清水对照, 说明矿物油乳剂 200 倍液对小绿叶蝉若虫具有显著的拒食效果, 拒食率达 85.86%。

表 2 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉成虫的拒食效果

Table 2 Antifeeding effect of mineral oil on adults of *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda

处理 Treatment	取食点数 (点/梢) Number of feeding (spots/shoot)	拒食率 (%) Reduction in feeding
矿物油 150 倍液 0.67% mineral oil	82 ± 19.33 [*]	85.59
CK	1056.33 ± 128.46	—
矿物油 200 倍液 0.5% mineral oil	36.00 ± 13.87 [*]	89.17
CK	628.83 ± 66.19	—

注: 数据后有^{*}表示同组处理和对照经 *t* 检验在 0.05 水平上差异显著。Note: Data with ^{*} indicate that the treatment and control were significantly different at 0.05 level by *t*-test.

表 3 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉成虫的产卵忌避作用

Table 3 Oviposition deterrent effect of mineral oil on adults of *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda

处理 Treatment	平均着卵数 (粒/梢) Average number of eggs per shoot	产卵忌避率 (%) Reduction in oviposition
矿物油 150 倍液 0.67% mineral oil	0.67 ± 0.49 [*]	70.22
CK	3.83 ± 1.66	—
矿物油 200 倍液 0.5% mineral oil	0.17 ± 0.17 [*]	91.50
CK	3.83 ± 1.33	—

注: 数据后有^{*}表示同组处理和对照经 *t* 检验在 0.05 水平上差异显著。Note: Data with ^{*} indicate that the treatment and control were significantly different at 0.05 level by *t*-test.

表 4 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉若虫的驱避作用

Table 4 Repellency effect of mineral oil on nymphs of *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda

处理 Treatment	平均虫口数 (头/叶) Average number of <i>E. onukii</i> (nymphs./leaf)			驱避率 (%) Reduction in numbers (% repellency)		
	处理后 1 d After 1 d	处理后 2 d After 2 d	处理后 3 d After 3 d	处理后 1 d After 1 d	处理后 2 d After 2 d	处理后 3 d After 3 d
矿物油乳剂 200 倍液 0.5% mineral oil	0.33 ± 0.21	0.33 ± 0.21 [*]	0.67 ± 0.49	—	81.96	—
CK	1.33 ± 0.56	3.33 ± 0.33	1.00 ± 0.36	—	—	—

注: 数据后有^{*}表示同组处理和对照经 *t* 检验在 0.05 水平上差异显著; 差异不显著则不计算驱避率。Note: Data with ^{*} indicate that the treatment and control were significantly different at 0.05 level by *t*-test. The repellency rate was not calculated if the difference was not significant between treatments.

表 5 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉若虫的拒食作用

Table 5 Antifeeding effect of mineral oil on nymphs of *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda

处理 Treatment	取食点数 (点/叶) Feeding point number (spot/leave)	拒食率 (%) Antifeeding rate
矿物油乳剂 200 倍液 0.5% mineral oils	54.00 ± 12.93 [*]	85.86
CK	710.33 ± 227.43	—

注: 数据后有^{*}表示处理和对照经 *t* 检验在 0.05 水平上差异显著。Note: Data with ^{*} indicate that the treatment and control were significantly different at 0.05 level by *t*-test.

2.2 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉田间种群的控制效果

2.2.1 矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉若虫、成虫的田间控制效果

矿物油乳剂不同浓度处理对小贯小绿叶蝉若虫、成虫的校正虫口减退率见图 1、图 2。从图 1、图 2 可以看出, 矿物油乳剂 100 倍液、200 倍液、300 倍液处理后小贯小绿叶蝉若虫、成虫的虫口密度都显著下降。100 倍液和 200 倍液的控制效果差异不显著, 施药后 5 d, 100 倍液处理组若虫、成虫的校正虫口减退率分别达到 89.13% 和 87.58%, 200 倍液分别达到 87.63% 和 84.22%, 均显著高于 300 倍液处理组。

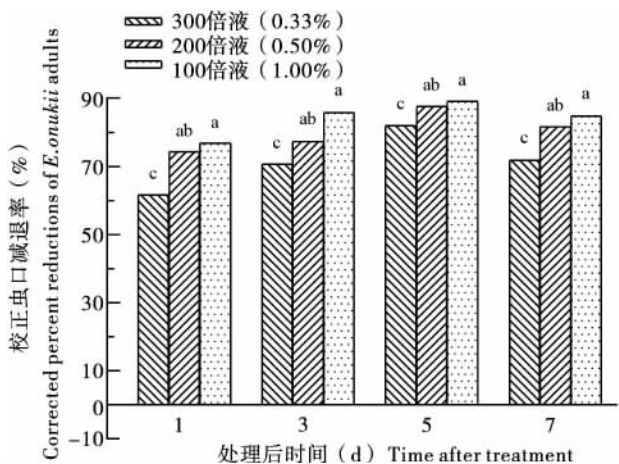


图 1 矿物油乳剂处理茶树上小贯小绿叶蝉若虫的校正虫口减退率

Fig. 1 Corrected percent reductions in presence of *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda nymphs on tea plants after application of mineral oil

注: 同组柱上标有不同字母者表示经 DMRT 法分析在 0.05 水平上差异显著。Note: Different letters within the same group indicate significant difference among treatments at 0.05 level by DMRT.

2.2.2 矿物油乳剂处理小贯小绿叶蝉落卵量的影响

试验结果表明, 矿物油乳剂 100 倍液、200 倍液、300 倍液处理后 1 d, 小绿叶蝉卵的密度与清水对照较为接近, 可能是因为处理前这些梢上已经有较多的卵, 但处理后 3 d, 小绿叶蝉卵的密度都显著低于清水对照, 说明和室内结果一样, 矿物油乳剂在田间对小绿叶蝉产卵也有较强的干扰作用, 其中矿物油乳剂 100 倍液、200 倍液的干扰作用较 300 倍液强, 施药后 5~7 d 干扰作用控制

指数 (IPC) 最低达 0.1914, 即产卵驱避率最高达 80.86% (图 3)。

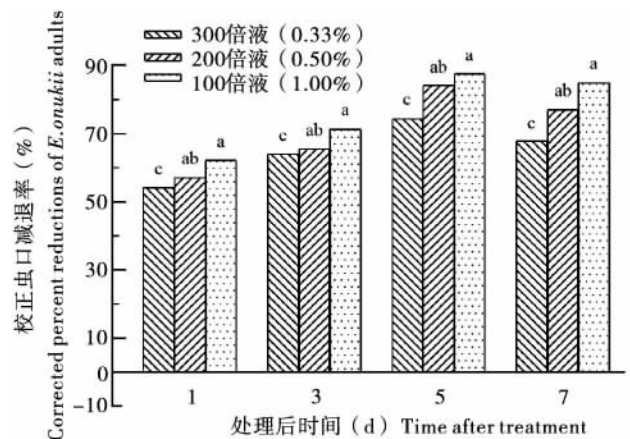


图 2 矿物油乳剂处理茶树上小贯小绿叶蝉成虫的校正虫口减退率

Fig. 2 Corrected percent reductions in presence of *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda adults on tea plants after application of mineral oil

注: 同组柱上标有不同字母者表示经 DMRT 法分析在 0.05 水平上差异显著。Note: Different letters within the same group indicate significant difference among treatments at 0.05 level by DMRT.

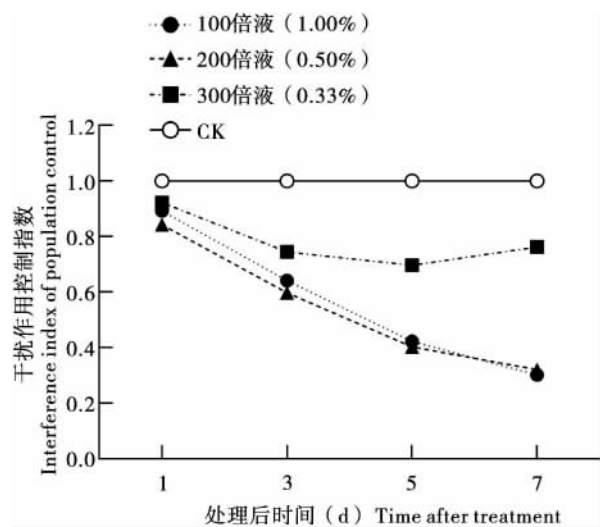


图 3 矿物油乳剂处理对小贯小绿叶蝉产卵的干扰作用

Fig. 3 *Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda oviposition deterrent on tea plants after application of mineral oil

2.2.3 矿物油乳剂对茶园蜘蛛的干扰作用

试验结果表明, 矿物油乳剂 100、200、300 倍液使用后 1~7 d, 大部分的干扰作用控制指数 (IPC) 略低于对照, 说明矿物油乳剂对蜘蛛种群有一定影响, 但 IPC 变幅仅为 0.7248~1.0415,

处理后第 7 天与对照相比很接近 (图 4)。说明矿物油乳剂对茶园蜘蛛的干扰作用较小。

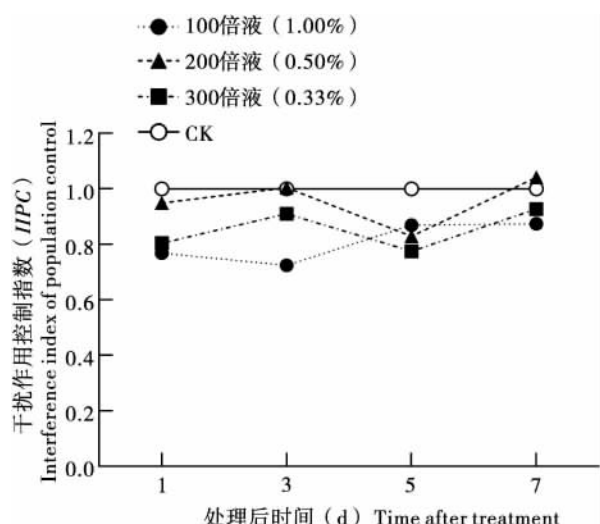


图 4 矿物油乳剂处理对茶园蜘蛛的干扰作用

Fig. 4 Incidence of spiders on tea plants after application of mineral oil

2.4 矿物油乳剂对茶叶感官品质的影响

矿物油乳剂 200 倍液和清水 (自来水) 喷施后 5 d、10 d 采摘的茶芽制成绿茶后, 经广州市芳村茶叶市场滇粤茶行品茶师品审, 与清水对照相比口感都没有任何差异, 说明 D-C-Tron NR 矿物油乳剂 200 倍液处理后 5 d 以上采摘的茶芽对茶叶的感官品质没有影响。

3 结论与讨论

室内试验结果表明, 矿物油对小贯小绿叶蝉成虫、若虫具有显著的驱避和拒食效果, 同时对成虫具有显著的产卵驱避作用。Beattie 等 (1996) 指出, 矿物油乳剂防止害虫侵入行为的影响可能等同于其致死作用, 或比致死作用更为重要, 本研究结果也证实了矿物油乳剂对防止小贯小绿叶蝉侵入行为有重要影响, 这种行为影响对其种群控制的作用是不可低估的。田间试验结果表明, 矿物油乳剂 100 倍液、200 倍液、300 倍液处理后小贯小绿叶蝉若虫、成虫的虫口密度都显著下降, 其中处理 5 d 后, 100 倍液处理的校正虫口减退率分别达到 89.13% (若虫) 和 87.58% (成虫), 处理 3 d 后茶芽上卵的密度也显著低于对照, 说明矿物油乳剂对小贯小绿叶蝉田间种群具有显著的控制效果。另外, 调查结果说明矿物油对茶园蜘蛛

的干扰作用较小, 说明对蜘蛛种群安全, 这些结果与矿物油在橘园的应用结果相似。但矿物油对茶园其他害虫的防治效果有待进一步研究。

对小贯小绿叶蝉的防治前人已经开展了农业防治、生物防治、物理机械防治等多方面研究, 取得了一定的成果 (史庆才等, 2015; 陈宗懋等, 2020)。邓欣等 (2002) 指出, 改善茶园生态环境, 加强茶园管理, 减少化学农药的使用是茶园害虫生态控制的基础和保证。及时清除杂草和冬季彻底清园有减少假眼小绿叶蝉密度的效果 (潭济才等, 2001)。洪北边等 (1995) 筛选出举岩茶、房县 1 号等对小绿叶蝉抗性较好的品种。蜘蛛是假眼小绿叶蝉最主要的捕食性天敌 (唐颖等, 2011)。捕食假眼小绿叶蝉的蜘蛛类有 20 科, 80 余种, 其中重要的是园蛛科 Araneidae 和跳蛛科 Salticidae (戴轩, 1999)。草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum* Sundevall、迷宫漏斗蛛 *Agelena labyrinthica* (Clerck) 等优势种对假眼小绿叶蝉具有很好的捕食效应 (谢振伦, 1996; 赵冬香等, 2001)。除了蜘蛛外, 王沅江等 (1995)、孙椒德等 (1998) 报道缨小蜂 *Anagrus* sp. 对假眼小绿叶蝉的卵有很好的寄生作用。有关生物农药防治假眼小绿叶蝉的研究报道也较多, 其中白僵菌 BLK 和绿僵菌 Ma1775 分别与除虫菊素和阿维菌素复配效果显著高于单剂 (李万里等, 2017); 冯安伟等 (2010) 报道, 入侵杂草薇甘菊 *Mikania micrantha* 的乙醇提取物对假眼小绿叶蝉有较好的控制作用, 而且对潮州凤凰单丛茶园的强势天敌银斑蛛 *Argyrodes* sp.、旋转后丘蛛 *Diplocephalus cyclosides* 安全。周长辉等 (2003)、郭日莲等 (2003)、杨荣凯等 (2004) 报道茶园使用杀虫灯诱杀茶园害虫, 灯诱区茶小绿叶蝉的数量明显少于非灯诱区。有趣的是, 近年的研究表明, 小绿叶蝉为害茶树并不是完全有弊无利, 其诱导茶树产生的次生代谢物使茶叶产生特殊的香气 (Mei *et al.*, 2017), 这就使其防治指标可以显著提高, 如果将矿物油与上述生态控制措施相结合, 相信完全可以取代化学杀虫剂而有效控制小绿叶蝉的为害。

矿物油由于具有有效性和安全性, 国际上的有机农业及中国的 A 级和 AA 级有机食品均允许使用 (Rae *et al.*, 2006)。据有关专家介绍, 茶园不使用矿物油乳剂的原因可能是因为旧式的矿物油乳剂对茶叶口感有影响, 但本研究结果表明, D-C-Tron NR 矿物油 200 倍液处理后 5、10 d 采茶不

会影响茶叶的口感,说明在茶芽抽发期施药和采茶间隔 5 d 以上对茶叶感官品质是安全的。本研究结果为在茶园推广应用矿物油乳剂提供了重要的依据。但是矿物油乳剂的种类较多,不同种类对茶叶品质的影响有待进一步研究。

致谢: 广东潮安县凤凰镇鹏龙茶业发展有限公司提供试验基地并在试验过程中给予协助,华南农业大学园艺学院茶学系覃松林老师提供感官影响试验用茶树并帮助制茶,广州芳村茶叶市场滇粤茶行的高级评茶师冼兆芬先生和李献华女士帮助对茶叶进行感官评审,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献 (References)

- Beattie GAC, Smith D. Integrated Pest Management: Sustainable Pest Control for the Future Based on the Past? Proceedings of the International Society Citriculture [M]. NSW Agriculture: Horticultural Research and Development Corporation, Sydney, 1996: 51–58.
- Beattie GAC, Watson DM, Stevens ML, *et al.* Spray Oils Beyond 2000 [M]. University of Western Sydney, 2002.
- Cen YJ, Xu CB, Tian MY. Advances in the use of petroleum spray oils in control of pests in citrus [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 1999, 20 (2): 118–12. [岑伊静, 徐长宝, 田明义. 机油乳剂防治柑橘害虫的研究进展 [J]. 华南农业大学学报, 1999, 20 (2): 118–122]
- Chen ZM. The composition and succession of pests and diseases fauna in tea gardens [J]. *China Tea*, 1997, 19 (1): 6–8. [陈宗懋. 茶园病虫害区系的构成和演替 [J]. 中国茶叶, 1997, 19 (1): 6–8]
- Chen ZM, Cai XM, Zhou L, *et al.* Developments on tea plant pests control in the past 40 years in China [J]. *China Tea*, 2020: 1–8. [陈宗懋, 蔡晓明, 周利, 等. 中国茶园有害生物防控 40 年 [J]. 中国茶叶, 2020: 1–8]
- Dai X. Investigation and species diversity of spiders as natural enemies of *Empoasca vitis* Göthe in tea field [J]. *Natural Enemies of Insects*, 1999, 21 (4): 164–169. [戴轩. 假眼小绿叶蝉的天敌蜘蛛种类及其生物多样性研究 [J]. 昆虫天敌, 1999, 21 (4): 164–169]
- Deng X, Tan JC. The seasonal dynamics of species and quantities of insect pests and natural enemies in tea plantations under ecological control [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (7): 1166–1172. [邓欣, 谭济才. 生态控制茶园内害虫、天敌种类及数量的季节变化规律 [J]. 生态学报, 2002, 22 (7): 1166–1172]
- Feng AW, Zhang YP, Cen YJ, *et al.* The control effect of ethanol extract of *Mikania micrantha* H. B. K. on the natural population of *Empoasca vitis* (Göthe) and the influence to spiders [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32 (1): 54–59. [冯安伟, 章玉苹, 岑伊静, 等. 薇甘菊乙醇提取物对假眼小绿叶蝉自然种群的控制作用及其对蜘蛛的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2010, 32 (1): 54–59]
- Guo RL, Chen XH, Liu WW, *et al.* Application and demonstration of frequency vibration light traps in the pollution-free tea and longan production [J]. *Guangxi Plant Protection*, 2003 (S1): 40–41. [郭日莲, 陈铤汉, 刘维文, 等. 频振式杀虫灯在无公害茶叶、龙眼生产上的应用示范 [J]. 广西植保, 2003 (S1): 40–41]
- Hong BB, Lou YF. Identification of the resistance of germplasm resource of tea plants to *Empoasca vitis* Göthe [J]. *China Tea*, 1995, 5: 14–15. [洪北边, 楼云芬. 茶树种质资源对假眼小绿叶蝉的抗性鉴定 [J]. 中国茶叶, 1995, 5: 14–15]
- Li WL, Bao YX, Lin XT, *et al.* Control over *Empoasca vitis* Göthe with *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* powder and mixture [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2017, 39 (4): 699–705. [李万里, 包亚星, 林晓婷, 等. 应用白僵菌与绿僵菌及其复配剂防治茶假眼小绿叶蝉 [J]. 江西农业大学学报, 2017, 39 (4): 699–705]
- Liu SD. Study on the efficacy of two complex liquid of matrine, azadirachtin and mineral oil against *Empoasca vitis* and *Tarsonemid mites* [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26 (24): 238–242. [刘双弟. 苦参碱、印楝素与矿物油两种复合液防治小绿叶蝉、跗线螨的药效试验研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (24): 238–242]
- Mei X, Liu XY, Zhou Y, *et al.* Formation and emission of linalool in tea (*Camellia sinensis*) leaves infested by tea green leafhopper (*Empoasca (Matsumurasca) onukii* Matsuda) [J]. *Food Chemistry*, 2017, 237: 356–363.
- Meng ZN, Bian L, Luo ZX, *et al.* Taxonomic revision and analysis of the green tea leafhopper species in China's main tea production area [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2018, 55 (3): 514–526. [孟召娜, 边磊, 罗宗秀, 等. 全国主产茶区茶树小绿叶蝉种类鉴定及分析 [J]. 应用昆虫学报, 2018, 55 (3): 514–526]
- Pang XF, Zhang MX, Hou YP, *et al.* Evaluation of plant protectants against pest insects [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11 (1): 109–111. [庞雄飞, 张茂新, 侯有明, 等. 植物保护剂防治害虫效果的评价方法 [J]. 应用生态学报, 2000, 11 (1): 109–111]
- Qin D, Zhang L, Xiao Q, *et al.* Clarification of the identity of the tea green leafhopper based on morphological comparison between Chinese and Japanese specimens [J]. *PLoS ONE*, 2015, 10 (9): e0139202.
- Quan JC, Jiang YH, Cen YJ, *et al.* Management of citrus pests and diseases based on mineral oil – Discussion on the technology model of reduced application and increased efficiency of the insecticides and fungicides [J]. *Guangxi Plant Protection*, 2018, 31 (4): 22–26. [全金成, 江一红, 岑伊静, 等. 以矿物油为基础的柑橘病虫害防控技术——柑橘病虫害减施增效防控技术模式探讨 [J]. 广西植保, 2018, 31 (4): 22–26]
- Rae DJ, Beattie GAC, Huang DM, *et al.* Mineral Oils and their Applications – Sustainable Pest Management and Green Agriculture

- [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2006. [Rae DJ, Beattie GAC, 黄明度, 等. 矿物油乳剂及其应用-害虫持续控制与绿色农业 [M]. 广州: 广东科学技术出版社, 2006]
- Shi QC, Li XY, Chen ZW, *et al.* Advances on prevention and control technology of *Empoasca vitis* Göthe in tea garden [J]. *Journal of Agriculture*, 2015, 5 (1): 20–24. [史庆才, 李向阳, 陈志伟, 等. 茶园假眼小绿叶蝉的防控技术研究进展 [J]. 农学学报, 2015, 5 (1): 20–24]
- Smith D, Beattie GAC, Broadley R. Citrus Pests and Their Natural Enemies: Integrated Pest Management in Australia [M]. Brisbane: Horticultural Research and Development Corporation and Queensland Department of Primary Industries, 1997.
- Sudo V, Bii VK, Lang'at JK. The efficacy of petroleum oil (Murphoil) and neem seed oil product (Achook) sprays on mortality of scale insects (*Aspidiotus* sp.) on tea: Preliminary indications [J]. *Tea*, 2001, 22 (2): 79–82.
- Sudo V. Effectiveness of petroleum oil (murphoil) against *Aspidiotus* sp. (Homoptera: Diaspididae) and yield of tea in Kenya [J]. *Tea*, 1993, 14 (1): 50–53.
- Sudo V. Strategies for control of red crevice mites (*Brevipalpus phoenicis* Geikskes) on tea [J]. *Tea*, 2004, 25 (1): 20–23.
- Sun SD, Xu DY, Lin AX. The occurrence and parasitism effect of *Anagrus* sp. against *Empoasca vitis* Göthe [J]. *Tea Science and Technology*, 1998, 4: 18–20. [孙椒德, 许德元, 林阿祥. 假眼小绿叶蝉缨小蜂的发生与寄生效果 [J]. 茶叶科学技术, 1998, 4: 18–20]
- Tan JC, Deng X, Zhang JW. Community succession tendency of tea pests and their control strategies in Hunan [J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2001, 27 (5): 370–373. [谭济才, 邓欣, 张觉晚. 湖南省茶园害虫群落演替趋势与防治对策 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2001, 27 (5): 370–373]
- Tang H, Tang JC, Li JL, *et al.* Overview of pollution-free control technology of tea leafhopper [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011, 38 (11): 92–94, 106. [唐颢, 唐劲驰, 黎健龙, 等. 茶小绿叶蝉无公害防治技术概述 [J]. 广东农业科学, 2011, 38 (11): 92–94, 106]
- Tang QY, Feng MG. Practical Statistical Analysis and its Computer Processing Platform [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1997. [唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997]
- Vawdrey LL, Peterson RA, DeMarchi L, *et al.* Evaluation of mineral oils and plant-derived spray adjuvants, mancozeb formulations and rates of application, for the control of yellow Sigatoka leaf spot (caused by *Mycosphaerella musicola*) of bananas in far northern Queensland, Australia [J]. *Australasian Plant Pathology*, 2004, 33: 379–384.
- Wang YJ, Xie ZL, Pang XF. Evaluation of the effectiveness of natural enemies of *Empoasca vitis* (Göthe) [J]. *Ecologic Science*, 1995, 2: 42–48. [王沅江, 谢振伦, 庞雄飞. 假眼小绿叶蝉自然天敌控制作用的评价 [J]. 生态科学, 1995, 2: 42–48]
- Whiteside JO. Comparison of various spray oils for controlling greasy spot on grapefruit leaves and fruit [J]. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 1989, 102: 13–16.
- Xie ZL. Observation of the predation quantity of *Empoasca vitis* Göthe by three species of spiders in tea garden [J]. *Guangdong Tea Industry*, 1996, 2: 32–34. [谢振伦. 茶园三种蜘蛛对假眼小绿叶蝉捕食量的观察 [J]. 广东茶业, 1996, 2: 32–34]
- Yang RK, Xu YJ. Preliminary report on the application of MC-2001 electronic light trap in tea production [J]. *China Tea*, 2004, 2: 24. [杨荣凯, 徐永进. MC-2001 型电子杀虫灯在茶叶生产上的应用效果初报 [J]. 中国茶叶, 2004, 2: 24]
- Yu SH. The occurrence regularity and integrated management of *Empoasca vitis* Göthe [J]. *Tea Science and Technology*, 1999, 3: 24–25. [余素红. 茶假眼小绿叶蝉的发生规律与综合治理 [J]. 茶叶科学技术, 1999, 3: 24–25]
- Zhang HH, Tan JC. Tea Pests and their Nuisanceless Management in China [M]. Anhui Science and Technology Press, 2004: 244–245. [张汉鹄, 谭济才. 中国茶树害虫及其无公害治理 [M]. 安徽科学技术出版社, 2004: 244–245]
- Zhao DX, Chen ZM, Cheng JA. Predatory functional responses of *Agelena labyrinthica* (Clerck) to *Empoasca vitis* (Göthe) [J]. *Plant Protection*, 2001, 4: 1–3. [赵冬香, 陈宗懋, 程家安. 迷宫漏斗蛛对假眼小绿叶蝉的捕食功能反应 [J]. 植物保护, 2001, 4: 1–3]
- Zhou CH, Tian ZR, Gong DY, *et al.* Experiment on the control of tea pests in the organic garden with frequency-vibration light trap [J]. *Hubei Plant Protection*, 2003, 2: 10–11. [周长辉, 田智仁, 龚道远, 等. 频振式杀虫灯防治有机茶园害虫试验 [J]. 湖北植保, 2003, 2: 10–11]
- Zhou TF, Ye GY, Yu QZ, *et al.* Evaluation of damage control effect of tea garden closed in winter on *Acaphylla theae* Watt and *Empoasca vitis* Göthe [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2011, 4: 892–894. [周铁锋, 叶恭银, 余秋珠, 等. 茶园冬季封园对茶橙瘦螬和假眼小绿叶蝉控害效果评价 [J]. 浙江农业科学, 2011, 4: 892–894]