

色彩对茶园昆虫的引诱力

林金丽^{1,2}, 韩宝瑜^{2,*}, 周孝贵², 陈学好^{1,*}

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院, 扬州 225009; 2. 中国农业科学院茶叶研究所, 杭州 310008)

摘要:为评估色板用于监测和诱捕茶园害虫的可能性,于 10 月份茶园昆虫盛发期在绍兴和杭州分别选有机、无公害茶园,同时使用 10 种粘性色板大面积诱捕茶园昆虫和蜘蛛。每种色彩重复 10 次。结果表明:(1)在两片供试茶园捕获的目、科和种类基本相同。蜘蛛很少。24 h 后,绍兴茶园中 10 种色板共捕获 9 目 53 科 10200 个昆虫和蜘蛛;72 h 后杭州茶园中捕获 10 目 63 科 21526 个昆虫和蜘蛛。(2)同翅目为优势类群。绍兴茶园中,纯白色板诱捕的同翅目种数占该色板捕获的总物种数的 15.2%、同翅目个体数占该色板捕获的总个体数的 34.1%;其它 9 种色板诱捕同翅目种数占各自捕获总种数的 21.2%~31.0%、同翅目个体数占各自捕获总个体数的 45.8%~75.4%。杭州茶园中,纯白、湖蓝和天蓝色板诱捕同翅目种数小于各自捕获的总种数的 20%、同翅目个体数小于各自捕获的总个体数的 51%;其它 7 种色板诱捕同翅目种数大于各自捕获的总种数的 22.7%,果绿和墨绿诱捕的同翅目个体数占各自诱捕的总个体数的 48.6%和 49.8%,桃红、素馨黄、土黄、芽绿和桔黄诱捕的同翅目个体数占各自诱捕的总个体数的 55.5%~78.1%。绍兴茶园中,素馨黄和芽绿诱捕的粉虱、假眼小绿叶蝉和广翅蜡蝉分别占两种色板诱捕的总个体数的 67.7%和 50.1%;杭州茶园中,素馨黄和芽绿诱捕的这几种害虫总数分别占二者诱捕的总个体数的 70.7%和 59.2%。(3)捕获的主要是害虫,绍兴茶园中诱捕的害虫数是天敌的 1.63 倍,杭州茶园中诱捕的害虫数是天敌的 2.23 倍。(4)色板之间引诱的种数和个体数差异显著。素馨黄和芽绿诱捕的种数和个体数最多、被捕昆虫的群落多样性指数很小,对叶蝉、粉虱和蜡蝉的引诱力最强;土黄和桔黄诱捕的种数和个体数较多、多样性指数较小,对同翅目昆虫的引诱力较强;纯白色诱捕的种数和个体数居中、多样性指数最大,即诱捕的各种昆虫的个体数差别小;果绿、桃红、墨绿和湖蓝诱捕的种数和个体数明显较少、多样性指数也较小;天蓝色诱捕的种数和个体数最少。(5)寄生蝇类偏嗜蓝色,缨小蜂类、茧蜂类和小蜂类偏嗜芽绿色。建议将素馨黄和芽绿色板与信息素组合,分别用于监测和诱捕叶蝉和粉虱。

关键词:粘性色板;素馨黄;芽绿;诱捕;同翅目昆虫;假眼小绿叶蝉;黑刺粉虱;天敌

文章编号:1000-0933(2009)08-4303-14 中图分类号:Q143 文献标识码:A

Comparison of trapping efficacy of various colours for insects in tea gardens

LIN Jin-Li^{1,2}, HAN Bao-Yu^{2,*}, ZHOU Xiao-Gui², CHEN Xue-Hao^{1,*}

1 School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

2 Tea Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(8): 4303~4316.

Abstract: In order to evaluate the potential of sticky coloured plates for monitoring and trapping insect pests and araneids in tea gardens, 10 types of sticky coloured plates were field tested in both organic (in Shaoxing) and non-polluted (in Hangzhou) tea gardens in October 2008 when most of insects were abundant and active. And each colour repeated 10 times. The results showed that: (1) the numbers of orders, families and species trapped in Shaoxing tea garden were approximatively same as those in Hangzhou tea garden, with only a few of araneids. Over a 24 h period, 10200 individuals of insects and araneids of 53 families belonging to 9 orders were trapped in the organic tea garden in Shaoxing, on the ten types of sticky coloured plates. 21526 individual of insects and araneids of 63 families belonging to 10 orders were trapped in the non-polluted tea garden in Hangzhou over a 72 h trapping period. (2) The Homoptera was the most dominant group. On the pure white plates in the Shaoxing, the numbers of Homopteran species and individuals accounted for 15.2% and

基金项目:浙江省重大科技专项资助项目(2008C12070, 2006C12015); CFC 资助项目(CFC/FIGT/04); 948 资助项目(2006-G16A)

收稿日期:2009-01-19; 修订日期:2009-05-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: han-insect@263.net; xhchen@yzu.edu.cn

34.1% of the total trapped species and individuals, respectively. Numbers of Homopteran species trapped on other 9 coloured plates were 21.2% — 31.0% of their corresponding total numbers of species trapped, whereas the numbers of Homopteran individuals trapped accounted for 45.8% — 75.4% of their total trapped individuals. In non-polluted tea garden in Hangzhou, the numbers of Homopteran species trapped by pure white, sea blue and sky blue plates were < 20% of their corresponding total number of species trapped; the numbers of Homopteran individuals were less than 51% of their totals. The numbers of Homopteran species trapped by other 7 types of coloured plates were more than 22.7%, in which Homopteran individuals trapped by apple green and ink green plates accounted for 48.6% and 49.8% of their corresponding totals, while the Homopteran numbers of individuals trapped by peach red, jasmine yellow, stone yellow, bud green and orange sticky plates were 55.5% — 78.1% of their total catches. In the Shaoxing tea garden, the total numbers of whiteflies, tea green leafhoppers and ricanids on the jasmine yellow and bud green plates accounted for 67.7% and 50.1% of their total individuals trapped, respectively; in the Hangzhou tea garden, they were 70.7% and 59.2%, respectively. (3) Most of the trapped insects were pests. The pest to natural enemy ratio of individual numbers was 1.93 in organic tea garden in Shaoxing, and was 2.23 in the non-polluted tea garden in Hangzhou. (4) The numbers of species and individuals trapped on the different sticky coloured plates were significant different. Jasmine yellow and bud green plates trapped the highest numbers of species and individuals with a very low index of biodiversity H' , especially for leafhoppers, whiteflies, ricanids and other Homopteran insects. Stone yellow and orange traps also showed high numbers of species and individuals (with low H'), the Homopteran insects in particular. Pure white plates captured decent numbers of species and individuals; however, its H' was the highest, indicating relatively even number of individuals among the trapped species. The numbers of species and individuals captured on apple green, peach red, ink green or sea blue plates were low compared to the above mentioned coloured plates (with low H'), while sky blue was the least attractive colour. (5) Tachinidae preferred the blue over the other colours, while mymarids, braconid wasps and Chalcidoidea preferred the bud green. It is suggested that the jasmine yellow and bud green sticky plates, combined with pheromones, can be used to monitor and control the leafhopper and the whitefly in tea gardens.

Key Words: sticky coloured plates; jasmine yellow; bud green; trapping; Homopteran insects; tea green leafhopper; whitefly; natural enemy

虫体和植物体反射光谱或反射图样是许多昆虫寻觅配偶、食物和选择栖境的重要信号,有时非生物的光信号也能引起昆虫的趋向反应^[1~3],可利用昆虫对物体色彩的趋性,调控其行为,实施监测和诱捕。试验表明,赤眼蜂 *Trichogramma* spp. 是印度农田和林区重要卵寄生蜂,若使用白、绿、蓝、黄、红和黑 6 种色彩进行趋性测试,则较多的雌蜂趋向于白色,其次为绿色;较多的雄蜂趋于黄、绿色,其次为白色;白色圆柱形粘板可用于田间监测赤眼蜂数量^[4]。在美国加州黄色粘卡可有效地用于监测入侵生物灰粉虱 *Siphoninus phillyreae* (Haliday) 的种群动态^[5]。在瑞士有机树莓园中,树莓甲虫 *Byturus tomentosus* Degeer 为害严重,通过黄色和白色的比较,认为可使用粘性白色板监测成虫;当使用密度为 17 白板/100 m²时,可有效诱捕成虫,致下代幼虫为害减轻 40% 左右^[6]。20 世纪 90 年代以来桑白蚧 *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni) 在日本茶园猖獗,曾用黄色粘板监测和诱捕成虫^[7]。我国台湾地区茶园中白、蓝、黄、黄绿和墨绿 5 种粘板的试验表明,黄绿色或黄色粘板对茶小绿叶蝉 *Jacobiasca formosana* Paoli 诱效较强,黄色粘板对黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance) 和三轮蓟马 *Dendrothrips minowai* Priesner 的诱效强于其它色彩^[8]。茶园中白、蓝紫、湖蓝、大红、红橙、黄绿、柠檬黄和土黄 8 种彩纸对茶尺蠖 *Ectropis oblique* Prout 1 龄幼虫引诱试验表明,柠檬黄色纸有显著引诱力,土黄和黄绿色次之^[9]。6 种色彩对假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* Gothe 的诱效为:在室内,琥珀黄诱得的数量最多,湖水蓝和宝石绿次之,翠绿、靛青和海青又次之,后三者与琥珀黄的差异显著;茶园中,琥珀黄对叶蝉引诱力最强,湖水蓝次之^[10]。还有试验表明假眼小绿叶蝉成、若虫对芽绿趋性最强,黑刺粉虱成虫

对素馨黄趋性最强^[11]。上述试验结果为色板监测和诱捕茶园害虫提供了良好研究基础。但试验中使用的色彩种类较少,每种色板重复次数也较少,试验面积不够大,有的试验没有检测彩纸的色度和亮度;而且,茶园昆虫种类繁多,除了害虫,还有众多的天敌,尚未从目、科、种的角度探究多种色彩对茶园昆虫和蜘蛛群落的诱效、以恰当评价色板在茶园中的应用前景。色板的色彩、位置都会影响群落中不同类群的被诱捕效果^[12],有必要在目、科、种的水平上探讨色板对茶园昆虫群落的诱捕效应。10 月份茶园昆虫种类比较丰富,选择园相好、长势旺的绍兴市御茶村茶业有限公司有机茶园和杭州地区的中国农业科学院茶叶研究所无公害茶园,同时将 10 种粘胶色板置于茶园中进行试验。

1 材料和方法

1.1 材料

色板为铜板纸,尺寸为 40cm×20cm,色彩有纯白、土黄、果绿、墨绿、湖蓝、桃红、桔黄、天蓝、芽绿和素馨黄,由浙江大学彩印厂印制。使用色彩色差计检测色板亮度和色度,色空间选用绝对测量方式(L*a*b* 色差系统),测定结果如表 1。色彩色差计型号 CR-331C,香港美能达公司生产。

表 1 10 种色板的亮度和色度
Table 1 Lightness and chroma of ten types of coloured plates

色板类型 Color type	亮度 Lightness	色度坐标 ^a Chroma coordinate ^a	色度坐标 ^b Chroma coordinate ^b
纯白 Pure white	91.67	-4.39	4.95
桃红 Peach red	46.90	58.76	-11.19
墨绿 Ink green	48.24	-33.30	3.85
果绿 Apple green	70.94	-37.54	24.78
湖蓝 Sea blue	56.21	-20.62	-32.43
天蓝 Sky blue	35.82	22.30	-55.00
素馨黄 Jasmine yellow	86.30	-11.89	81.14
芽绿 Bud green	74.54	-47.97	56.81
土黄 Stone yellow	79.16	-0.27	68.39
桔黄 Orange	58.69	35.00	58.84

数值 a, “+”表示红成分,“-”表示绿成分;数值 b, “+”表示黄成分,“-”表示蓝成分 As to a, “+” shows red ingredient, and “-” shows green ingredient; As for b, “+” shows yellow ingredient, while “-” shows blue ingredient

1.2 试验方法

使用前,在色板上均匀涂布无色无味昆虫胶,贴上防粘纸,茶园中使用时轻轻撕去防粘纸。将色板挂于小竹杆上,小竹杆插于茶丛中间,底边邻接茶梢。2008 年 10 月 9 日 14:00~16:00 选绍兴御茶村茶业有限公司的有机茶园,茶树品种为鸠坑种,树龄 25a,树高 85~90 cm,树幅宽 105~110 cm,行距 1.5 m。禁用化学农药,通常使用植物源和矿物源农药治虫。10 种色彩各 10 块,间距 6 m×7m,平行跳跃法放置,24h 之后,调查色板两面累积诱捕的昆虫和蜘蛛数,分类鉴定至目、科和种,统计每种个体数。10 月 9 日 14:00~16:00 选杭州地区的中国农业科学院茶叶研究所无公害茶园,同法施行,72h 之后调查。茶树品种为龙井 43,树龄 30a,树高 85~90 cm,树幅宽 105~110 cm,行距 1.5 m。常年喷施菊酯类农药、植物源和矿物源农药治虫。

1.3 统计分析

1.3.1 列出 10 种色板在绍兴和杭州捕获的昆虫和蜘蛛隶属的目、科,比较 10 种色板之间、绍兴和杭州两地之间诱捕的昆虫种类及其个体数量差异显著性。

1.3.2 据食性将捕获的昆虫分为害虫、天敌和中性昆虫,分析 10 种色板之间诱捕害虫和天敌效应的差异显著性。

1.3.3 由多样性指数公式

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

计算每种色板捕获昆虫的多样性指数 H' , 分析色板之间诱捕昆虫的均匀性和偏向性。

2 结果与分析

2.1 绍兴茶园和杭州茶园被诱捕昆虫群落组成和数量的异同

2.1.1 相似性

24 h 之后在绍兴的有机茶园中 10 种色板共捕获 9 目 53 科 10200 个昆虫和蜘蛛(表 2)。72 h 之后, 在杭州的无公害茶园中, 10 种色板共捕获 10 目 63 科 21526 个昆虫和蜘蛛(表 3)。绍兴的有机茶园中捕获的目、科和种类(表 2)与杭州的无公害茶园中捕获的目、科和种类基本相同(表 3)。

两地的 10 种色板诱捕的同翅目昆虫最多, 并且以素馨黄和芽绿诱捕的同翅目昆虫种数和个体数最多。纯白色板诱捕的同翅目昆虫较少, 在绍兴有机茶园中, 捕获的同翅目种数占其诱捕的总种数的 15.2%、个体数占该其诱捕的总个体数的 34.1%。其它 9 种色板诱捕同翅目种数占各自诱捕总种数的 21.2% ~ 31.0%、诱捕同翅目个体数占各自诱捕的总个体数的 45.8% ~ 75.4%(表 2)。在杭州无公害茶园, 纯白、以及湖蓝和天蓝色板诱捕的同翅目昆虫种数小于各自诱捕的总种数的 20% 且诱捕的同翅目昆虫个体数小于各自诱捕的总个体数的 51%; 然而, 其它 7 种色板诱捕同翅目种数大于各自诱捕的总种数的 22.7%, 果绿和墨绿诱捕的同翅目个体数占各自诱捕的总个体数的 48.6% 和 49.8%, 桃红、素馨黄、土黄、芽绿和桔黄诱捕的同翅目昆虫个体数占各自诱捕的总个体数的 55.5% ~ 78.1%(表 3)。

其中粉虱、假眼小绿叶蝉和广翅蜡蝉为优势种, 绍兴茶园中, 素馨黄和芽绿诱捕的粉虱、假眼小绿叶蝉和广翅蜡蝉分别占两种色板诱捕的总个体数的 67.7% 和 50.1%; 杭州茶园中, 素馨黄和芽绿诱捕的这几种害虫总数分别占二者诱捕的总个体数的 70.7% 和 59.2%。

两地的茶园中, 10 种色板捕获的膜翅目种类均较多, 但个体数很少; 皆以素馨黄和芽绿诱捕的天敌个体数最多; 也捕获了少数寄生蝇类(表 2、表 3)。寄生蝇对蓝、绿色较敏感。

素馨黄、土黄、芽绿诱捕的害虫最多, 橘黄次之, 果绿又次之, 接着是纯白和桃红, 墨绿、湖蓝和天蓝诱捕的害虫最少(表 2、表 3)。

2.1.2 相异性

在物种层次上, 使用 χ^2 测验对 10 种色板诱得的物种数进行差异性分析。绍兴茶园中, 桃红、湖蓝、果绿、素馨黄、天蓝、墨绿、纯白、土黄、芽绿和桔黄诱得的物种数分别是 40、37、44、53、33、29、46、43、44 和 37; 在杭州无公害茶园, 这 10 种色板诱得的物种数依次是 44、49、45、57、46、37、51、53、57 和 48。 χ^2 值 4.0776, 自由度 $n = 9$, 显著水平 0.9062 ($P < 0.05$), 差异显著。尽管两地的物种组成类似, 但杭州无公害茶园诱捕时间多了 48h, 诱得的种类数量显著增加了。

在杭州无公害茶园中, 诱捕的个体数也稍多, 原因之一是诱捕时间延长了 48h。在杭州无公害茶园中, 害益个体数量比略大。绍兴的茶园是有机茶园, 多年来禁用农药, 有益昆虫和蜘蛛个体数量稍多, 害益个体数量比就会稍小; 杭州无公害茶园中, 有益昆虫和蜘蛛个体数量相对稍小, 害益个体数量比就稍大。

2.2 10 种色板诱捕的茶园昆虫种数和个体数的差异

每种色板含有 10 块板, 对 10 种色板诱捕的种数、个体数之间的差异作方差分析, 再进行 Duncan's 显著性比较。10 种色板间的差异显著, 素馨黄引诱力最强, 天蓝最弱(表 4)。

2.3 10 种色板诱捕力差异的原因及被捕昆虫群落结构的分析

10 种色板诱捕力可分为 4 种类型(表 5), 第 1 种类型: 素馨黄和芽绿引诱的昆虫种类多、个体数量大, 但多样性指数反而很小, 说明二者对多种昆虫都有引诱效应, 但是更强烈地引诱某些种类的昆虫, 即同翅目昆虫。

第 2 种类型, 土黄和桔黄也可引诱较多的种类和个体, 但引诱力不及第 1 种类型; 多样性指数比第 1 类型稍有增大, 说明与第 1 类型相比, 二者对某些类群(比如同翅目昆虫)特有的引诱力减弱。

表 2 绍兴的有机茶园 10 种粘性色板诱捕各类昆虫及其数量

Table 2 Species number and individual number of various insects trapped by ten types of sticky coloured plates in organic tea garden in Shaoxing																					
目名 Order name	科名 Family name	桃红 Peach red	湖蓝 Sea blue		果绿 Apple green		素馨黄 Jasmine yellow		天蓝 Sky blue		墨绿 Emerald green		纯白 Pure white		土黄 Stone yellow		芽绿 Bud green		桔黄 Orange		
			种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	
同翅目 Homoptera	粉虱科 Aleyrodidae	3	120	2	20	3	30	3	1178	3	26	2	17	2	33	3	711	3	576	2	358
	叶蝉科 Cicadellidae	4	115	3	91	2	120	5	496	2	81	4	133	3	78	4	318	5	277	4	216
	角蝉科 Membracidae	0	0	0	0	1	1	1	4	0	0	0	0	0	0	1	5	1	2	1	2
	广翅蜡蝉科 Ricaniidae	1	9	1	14	1	149	1	331	1	9	1	41	1	52	1	162	1	213	1	50
	沫蝉科 Cercopidae	0	0	1	1	0	0	1	5	1	2	1	1	0	0	1	3	1	3	1	3
	蜡蝉科 Fulgoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	蚱科 Coccidae	0	0	0	0	2	4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	木虱科 Psyllidae	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	蚜科 Aphididae	1	5	1	4	1	3	1	10	0	0	0	0	1	56	1	7	1	2	0	0
	小计 Subtotal	9	249	8	130	11	309	13	2025	7	118	9	193	7	219	11	1206	12	1073	9	629
百分比 Percentage(%)		22.5	51.9	21.6	48.1	25.0	46.6	24.5	69.8	21.2	46.8	31.0	45.8	15.2	34.1	25.6	75.4	27.3	53.1	24.3	66.3
鞘翅目 Coleoptera	瓢甲科 Coccinellidae	1	6	2	2	2	2	0	0	1	1	0	0	2	4	2	4	2	2	1	1
	金龟甲科 Scarabaeidae	0	0	0	0	1	4	1	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	叶甲科 Chrysomelidae	1	10	2	7	1	3	1	19	2	20	1	25	1	1	1	15	2	21	1	9
	隐翅甲科 Staphylinidae	1	6	1	5	1	1	1	7	1	2	1	1	1	10	1	4	0	0	1	2
	花萤科 Cantharidae	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0
	叩头甲科 Elateridae	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0
	吉丁甲科 Buprestidae	1	2	0	0	1	4	1	2	1	7	1	2	0	0	1	2	0	0	1	4
	步甲科 Carabidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	象甲科 Curculionidae	0	0	0	0	1	2	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	小计 Subtotal	6	26	7	16	7	16	5	34	7	33	4	29	7	21	6	27	4	23	5	18
百分比 Percentage(%)		15.0	5.4	18.9	5.9	15.9	2.4	9.4	1.2	21.2	13.1	13.8	6.9	15.2	3.3	14.0	1.7	9.1	1.1	13.5	1.9
双翅目 Diptera	蚊科 Culicidae	2	37	1	11	2	23	1	33	1	19	1	28	1	15	1	19	1	29	2	37
	大蚊科 Tipulidae	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	寄蝇科 Tachinidae	3	21	5	44	5	29	5	25	5	27	2	9	5	34	8	38	4	33	2	21
	丽蝇科 Calliphoridae	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	蝇科 Muscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0

续表2

目名 Order name	科名 Family name	桃红 Peach red		湖蓝 Sea blue		果绿 Apple green		素馨黄 Jasmine yellow		天蓝 Sky blue		墨绿 Emerald green		纯白 Pure white		土黄 Stone yellow		芽绿 Bud green		桔黄 Orange	
		种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数
鳞翅目 Lepidoptera	瘦蚊科 Cecidomyiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	33	0	0	0	0	0	0
	蝶科 Ceratopogonidae	2	16	2	18	2	56	2	20	1	6	2	31	2	10	2	12	1	2	2	8
	摇蚊科 Chironomidae	0	0	0	0	1	3	1	3	0	0	1	6	1	2	0	0	0	0	0	0
	蚋科 Simuliidae	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	2	1	5	0	0	0	0	0	0
	虻科 Tabanidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小计 Subtotal	8	75	8	73	12	114	11	83	8	53	7	76	12	99	12	70	7	65	6	66
	百分比 Percentage (%)	20.0	15.6	21.6	27.0	27.3	17.2	20.8	2.9	24.2	21.0	24.1	18.1	26.1	15.4	27.9	4.4	15.9	3.2	16.2	7.0
	凤蝶科 papilionidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	弄蝶科 Hesperidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	蛱蝶科 Nymphalidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	尖蛾科 Cosmopterygidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	螟蛾科 Pyralidae	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
	小计 Subtotal	3	4	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	0	0	1	1
	百分比 Percentage (%)	7.5	0.8	2.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.1	0.0	0.0	2.7	0.1
膜翅目 Hymenoptera	小蜂科 Chalcidoidea	2	2	3	6	1	3	3	34	0	0	0	0	4	20	1	4	1	34	4	17
	蚜小蜂科 Aphelinidae	0	0	1	3	0	0	3	25	3	11	0	0	1	12	1	2	1	18	1	4
	金小蜂 Pteromalidae	3	10	1	2	0	0	4	22	0	0	0	0	3	25	2	12	1	12	0	0
	蜜蜂科 Apidae	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	姬蜂科 Ichneumonidae	2	6	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2			2	6	2	4	2	6
	茧蜂科 Braconidae	2	50	2	12	5	143	4	113	2	11	2	92	4	203	2	126	3	270	3	79
	缨小蜂科 Mymaridae	2	55	2	16	2	69	2	545	2	19	2	22	2	33	2	142	2	498	2	122
	黑卵蜂科 Scelionidae	0	0	1	6	1	4	1	3	1	4	1	4	1	4	1	2	1	4	1	4
	寡节小蜂科 Eulophidae	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	0	0	1	2	1	1	1	4	1	1
	广肩小蜂科 Eurytomidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	2	0	0
	跳小蜂科 Encyrtidae	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	胡蜂科 Vespidae	0	0	0	0	0	0	3	7	0	0	0	0	1	1	0	0	3	8	0	0
	小计及 Subtotal	12	124	11	47	10	220	23	756	9	46	6	120	18	302	13	296	16	854	14	233

续表2

[illegible]

表 3 杭州的无公害茶园 10 种色板诱捕各类昆虫及其数量

Table 3 Species number and individual number of various insects trapped by ten types of sticky coloured plates in non-pollution tea garden in Hangzhou																						
目名 Order name	科名 Family name	桃红 Peach red		湖蓝 Sea blue		果绿 Apple green		素馨黄 Jasmine yellow		天蓝 Sky blue		墨绿 Emerald green		纯白 Pure white		土黄 Stone yellow		芽绿 Bud green		桔黄 Orange		
		种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	种数 个	个数	
同翅目 Homoptera	粉虱科 Aleyrodidae	3	86	1	5	3	30	3	3006	1	3	1	7	2	33	3	1844	3	1507	3	969	
	叶蝉科 Cicadellidae	5	350	3	253	2	286	5	981	5	296	4	354	2	271	5	808	4	610	3	493	
	角蝉科 Membracidae	0	0	0	0	1	4	1	10	0	0	1	2	0	0	1	3	1	9	1	3	
	广翅蜡蝉科 Ricaniidae	1	14	1	18	1	239	1	471	1	17	1	54	1	69	1	222	1	290	1	75	
	沫蝉科 Cercopidae	1	2	0	1	1	1	1	10	0	0	1	1	0	0	1	4	1	2	1	3	
	蜡蝉科 Fulgoridae	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	蛾蜡蝉科 Flatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	木虱科 Psyllidae	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	
	蝉科 Cicadidae	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
	蚱科 Coccidae	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	2	1	3	0	0	1	4
	蚜科 Aphididae	0	0	1	7	1	12	1	62	1	4	0	0	0	1	51	1	20	1	43	1	15
	小计 Subtotal	10	452	6	284	12	585	13	4543	8	320	9	419	7	426	14	2906	13	2463	14	1565	
	百分比 Percentage (%)	22.7	55.5	12.2	42.3	26.7	48.6	22.8	73.1	17.4	50.8	24.3	49.8	13.7	42.9	26.4	78.1	22.8	61.8	29.2	63.9	
鞘翅目 Coleoptera	瓢甲科 Coccinellidae	1	1	2	3	2	3	1	2	1	1	0	0	2	4	3	6	6	10	1	2	
	叶甲科 Chrysomelidae	0	0	2	12	2	4	1	10	1	8	1	10	1	8	1	5	1	10	0	0	
	隐翅甲科 Staphylinidae	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
	叩头甲科 Elateridae	0	0	1	3	1	5	1	2	1	2	1	2	1	4	0	0	1	1	0	0	
	吉丁甲科 Buprestidae	1	13	1	13	1	15	1	2	1	9	1	16	1	5	1	9	1	19	1	13	
	拟步甲科 Tenebrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	
	象甲科 Curculionidae	1	4	0	0	1	3	0	0	1	4	1	7	1	1	0	0	1	2	1	2	
	小计 Subtotal	3	18	6	31	8	32	5	17	6	25	4	35	8	26	5	20	10	42	3	17	
	百分比 Percentage (%)	6.8	2.2	12.2	4.6	17.8	2.7	8.8	0.3	13.0	4.0	10.8	4.2	15.7	2.6	9.4	0.5	17.5	1.1	6.3	0.7	
双翅目 Diptera	蚊科 Culicidae	2	50	2	38	2	63	2	57	2	34	2	71	2	45	2	62	2	73	2	64	
	蠅科 Ceratopogonidae	2	18	2	8	2	42	2	26	1	6	2	30	2	40	2	21	2	20	2	26	
	摇蚊科 Chironomidae	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	大蚊科 Tipulidae	0	0	0	0	1	1	1	5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
	寄蝇科 Tachinidae	5	30	6	116	4	26	5	52	5	55	4	14	6	119	8	34	6	102	4	19	
	丽蝇科 Calliphoridae	0	0	1	1	0	0	1	5	1	1	0	0	1	1	1	1	1	3	0	0	
	食蚜蝇科 Syrphidae	1	1	1	1	0	0	0	0	3	8	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	

续表3

目名 Order name	科名 Family name	桃红 Peach red		湖蓝 Sea blue		果绿 Apple green		素馨黄 Jasmine yellow		天蓝 Sky blue		墨绿 Emerald green		纯白 Pure white		土黄 Stone yellow		芽绿 Bud green		桔黄 Orange	
		种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数	种数	个数
鳞翅目 Lepidoptera	蝇科 Muscidae	0	0	2	7	1	1	0	0	1	5	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0
	瘿蚊科 Cecidomyiidae	0	0	1	5	0	0	1	10	0	0	0	0	1	13	1	1	0	0	1	5
	虻科 Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
	小计 Subtotal	10	99	15	176	10	133	13	158	14	110	9	116	16	226	15	120	12	199	9	114
	百分比 Percentage(%)	22.7	12.1	30.6	26.2	22.2	11.0	22.8	2.5	30.4	17.5	24.3	13.8	31.4	22.7	28.3	3.2	21.1	5.0	18.8	4.7
	凤蝶科 papilionidae	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	弄蝶科 Hesperidae	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	蛱蝶科 Nymphalidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	斑蛾科 Zygaenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	菜蛾科 Plutellidae	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	螟蛾科 Pyralidae	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	2	0	0	1	3
	尖蛾科 Cosmopterigidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
膜翅目 Hymenoptera	灰蝶科 Lycaenidae	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	粉蝶科 Pieridae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小计 Subtotal	3	3	0	0	0	0	5	4	2	2	0	0	1	1	1	2	1	1	3	5
	百分比 Percentage(%)	6.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	0.1	4.3	0.3	0.0	0.0	2.0	0.1	1.9	0.1	1.8	0.0	6.3	0.2
	小峰科 Chalcidoidea	2	8	2	4	1	1	3	13	0	0	2	12	2	17	2	11	2	6	2	10
	蚜小峰科 Aphelinidae	0	0	2	3	0	0	0	0	2	3	1	3	3	18	1	4	2	6	0	0
	金小峰 Pteromalidae	0	0	3	5	0	0	2	28	0	0	1	3	1	8	1	5	1	6	2	12
	蜜蜂科 Apidae	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	1
	青蜂科 Chrysididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	姬蜂科 Ichneumonidae	2	3	1	1	4	11	3	14	1	3	3	4	2	3	3	14	2	15	3	23
	茧蜂科 Braconidae	2	47	2	34	3	98	3	111	3	37	2	117	3	155	3	92	3	210	2	82
	繇小峰科 Mymaridae	2	164	2	117	2	320	2	1290	2	118	2	124	2	89	2	534	2	1007	2	593
广肩小峰科 Eurytomidae	黑卵蜂科 Scelionidae	1	6	1	6	1	14	1	22	1	4	1	5	1	7	1	6	1	13	1	16
	寡节小峰科 Eulophidae	0	0	0	0	1	4	1	3	0	0	0	0	1	6	1	2	1	3	1	2
	广肩小峰科 Eurytomidae	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	0	0
	胡蜂科 Vespidae	2	8	1	1	1	4	2	5	0	0	0	0	1	3	1	2	1	2	1	2
	小计 Subtotal	11	236	15	172	13	452	19	1490	9	165	12	268	17	308	16	672	16	1270	16	742

表 4 10 种色板诱捕的种数和个体数差异

Table 4 Difference in species number and individual number of insects and araneids trapped by ten types of sticky colored plates

色彩 Color	绍兴有机茶园		杭州无公害茶园 Non-pollution tea garden in Hangzhou	
	Organic tea garden in Shaoxing		Non-pollution tea garden in Hangzhou	
	平均种数 ± 标准差 Mean of SN ± SE	平均个体数 ± 标准差 Mean of IN ± SE	平均种数 ± 标准差 Mean of SN ± SE	平均个体数 ± 标准差 Mean of IN ± SE
纯白 Pure white	14.0 ± 2.9 b	64.3 ± 42.5 e	16.3 ± 2.4 bcd	99.4 ± 55.7 d
桃红 Peach red	13.1 ± 2.8 bc	48.0 ± 15.8 ef	13.0 ± 2.4 e	81.5 ± 12.0 d
墨绿 Emerald green	11.2 ± 2.2 cd	42.1 ± 11.8 ef	13.0 ± 2.5 e	84.2 ± 21.6 d
果绿 Apple green	14.4 ± 1.7 b	66.3 ± 14.0 e	14.7 ± 2.1 cde	120.4 ± 16.6 d
湖蓝 Sea blue	11.5 ± 2.0 cd	27.0 ± 7.7 f	14.3 ± 2.4 de	67.2 ± 9.3 d
天蓝 Sky blue	10.3 ± 1.8 d	25.2 ± 6.3 f	12.2 ± 2.4 e	63.0 ± 10.0 d
素馨黄 Jasmine yellow	18.1 ± 2.8 a	290.0 ± 33.4 a	19.7 ± 3.5 a	621.5 ± 113.0 a
芽绿 Bud green	14.4 ± 2.6 b	202.1 ± 46.7 b	18.3 ± 4.0 ab	398.4 ± 87.4 b
土黄 Stone yellow	14.7 ± 1.8 b	160.1 ± 33.9 c	17.5 ± 3.5 ab	372.2 ± 75.1 b
桔黄 Orange	13.3 ± 2.1 bc	94.9 ± 33.9 d	17.0 ± 2.0 bc	244.8 ± 93.0 c

表中每个数值为平均每块板上捕得的种数或者个体数 Each of numerical values in the table is for mean of species numbers or individual numbers trapped on every type of sticky colored plate; 同一列中,带不同字母的数值之间的差异达显著水平, $n = 10$ Difference in numerical values with different letters reaches the level of $P < 0.05$; SN: 种数 Species number; IN: 个体数 Individual number; 下同 The same below

表 5 10 种色板诱捕的昆虫群落结构分析

Table 5 Analysis on structure of insect communities trapped on ten types of coloured plates

颜色 Colour	绍兴有机茶园			杭州无公害茶园		
	Organic tea garden in Shaoxing			Non-pollution tea garden in Hangzhou		
	种数 SN	个体数 IN	多样性指数 H'	种数 SN	个体数 IN	多样性指数 H'
素馨黄 Jasmine yellow	53	2900	2.171	57	6215	1.966
芽绿 Bud green	44	2021	2.052	57	3984	2.199
土黄 Stone yellow	43	1601	2.283	53	3722	1.982
桔黄 Orange	37	949	2.375	48	2448	2.106
纯白 Pure white	46	643	3.176	51	994	2.957
桃红 Peach red	40	480	2.772	44	815	2.283
墨绿 Emerald green	29	421	2.523	37	842	2.320
果绿 Apple green	44	663	2.767	45	1204	2.362
湖蓝 Sea blue	37	270	2.857	49	672	2.532
天蓝 Sky blue	33	252	2.789	46	630	2.266

H' : 多样性指数 index of biodiversity

第 3 种类型是纯白色,捕获的昆虫种类数和个体数居中,但多样性指数最大,其诱捕的多种昆虫的个体数较均匀。

第 4 种类型:桃红色是偏向于红色的长波光,墨绿、果绿、湖蓝和天蓝色是偏向于蓝紫色的短波光,5 种色彩对昆虫的引诱效果都弱于白光,诱捕的种数、个体数和多样性指数较小。

2.4 10 种色板诱捕的害虫个体数明显多于天敌个体数

各类色板捕获的害虫个体数量明显大于天敌个体数量。在绍兴有机茶园,桃红、湖蓝、果绿、素馨黄、天蓝、墨绿、纯白、土黄、芽绿和桔黄色板捕获的害虫数分别是 270、145、324、2061、150、222、236、1230、1100 和 649,平均 639;天敌个体数分别是 152、95、253、781、75、131、342、337、889、255(表 6),平均 331;害虫数量是天敌数量的 1.93 倍, t 测验表明害虫与天敌的数量差异未达显著水平。杭州无公害茶园中,这 10 种色板捕得的害虫数量平均值是 1425,天敌个体数平均值 640,害虫数量是天敌数量的 2.23 倍(表 7), t 测验表明差异也未达显著水平。未达显著水平的原因可能是诱捕时间还不够长。

表 6 绍兴的有机茶园中 10 种色板诱捕的害虫和天敌及中性昆虫个体数

Table 6 Individual number of pests and natural enemies and neutral insects trapped by ten types of sticky coloured plates in organic tea gardens in Shaoxing

项目 Item	桃红 Peach red		湖蓝 Sea blue		果绿 Apple green		素馨黄 Jasmine yellow		天蓝 Sky blue	
	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率
害虫 Pest	270	56.25%	145	53.70%	324	48.87%	2061	71.07%	150	59.52%
天敌 Natural enemy	152	31.67%	95	35.19%	253	38.16%	781	26.93%	75	29.76%
中性昆虫 Neutral insect	58	12.08%	30	11.11%	86	12.97%	58	2.00%	27	10.71%
害虫/天敌数 P/E	1.78		1.53		1.28		2.64		2.00	
假眼小绿叶蝉 Leafhopper	96	20.00%	79	29.26%	88	13.27%	465	16.03%	68	26.98%
粉虱 Whitefly	112	23.33%	20	7.41%	22	3.32%	1167	40.24%	22	8.73%
项目 Item	墨绿 Emerald green		纯白 Pure white		土黄 Stone yellow		芽绿 Bud green		桔黄 Orange	
	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率
害虫 Pest	222	52.73%	236	36.70%	1230	76.83%	1100	54.43%	649	68.39%
天敌 Natural enemy	131	31.12%	342	53.19%	337	21.05%	889	43.99%	255	26.87%
中性昆虫 Neutral insect	68	16.15%	65	10.11%	34	2.12%	32	1.58%	45	4.74%
害虫/天敌数 P/E	1.69		0.69		3.65		1.24		2.55	
假眼小绿叶蝉 Leafhopper	103	24.47%	61	9.49%	272	16.99%	226	11.18%	182	19.18%
粉虱 whitefly	2	0.48%	27	4.20%	704	43.97%	574	28.40%	358	37.72%

个数 Individual numbers; 百分率 Percentage; 下同 the same below

表 7 杭州的无公害茶园中 10 种色板诱捕的害虫和天敌及中性昆虫

Table 7 Individual number of pests and natural enemies and neutral insects trapped by ten types of sticky coloured plates in non-pollution tea garden in Hangzhou

项目 Item	桃红 Peach red		湖蓝 Sea blue		果绿 Apple green		素馨黄 Jasmine yellow		天蓝 Sky blue	
	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率
害虫 Pest	472	57.91%	316	47.02%	623	51.74%	4565	73.45%	348	55.24%
天敌 Natural enemy	272	33.37%	295	43.90%	477	39.62%	1542	24.81%	234	37.14%
中性昆虫 Neutral insect	71	8.71%	61	9.08%	104	8.64%	108	1.74%	48	7.62%
害虫/天敌数 P/E	1.74		1.07		1.31		2.96		1.49	
假眼小绿叶蝉 Leafhopper	311	38.16%	224	33.33%	246	20.43%	931	14.98%	270	42.86%
粉虱 Whitefly	85	10.43%	0	0.00%	24	1.99%	2993	48.16%	0	0.00%
项目 Item	墨绿 Emerald green		纯白 Pure white		土黄 Stone yellow		芽绿 Bud green		桔黄 Orange	
	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率	个数	百分率
害虫 Pest	457	54.28%	455	45.77%	2929	78.69%	2499	62.73%	1583	64.67%
天敌 Natural enemy	285	33.85%	431	43.36%	715	19.21%	1388	34.84%	764	31.21%
中性昆虫 Neutral insect	100	11.88%	108	10.87%	78	2.10%	97	2.43%	101	4.13%
害虫/天敌数 P/E	1.60		1.06		4.10		1.80		2.07	
假眼小绿叶蝉 Leafhopper	307	36.46%	244	24.55%	782	21.01%	564	14.16%	459	18.75%
粉虱 Whitefly	0	0.00%	30	3.02%	1826	49.06%	1503	37.73%	957	39.09%

3 讨论

不同色板诱捕的种数和个体数差异显著。素馨黄和芽绿引诱力最强,土黄和桔黄也有较强引诱力。10 月份茶园中同翅目昆虫较多,其中叶蝉、粉虱和蓟马等小型同翅目昆虫具有较强的趋黄、黄绿色习性^[7~11],本研究也证实黄、绿色板可诱捕较多的昆虫个体,素馨黄和芽绿可以有效地用于叶蝉和粉虱等的诱捕。但白色、以及桃红、墨绿、果绿、湖蓝和天蓝诱捕的害虫数量较少,不宜用于诱捕茶园害虫。

两片供试茶园相距约 90km,茶园中昆虫和蜘蛛区系组成类似,色板上捕获的目、科和种类类似,说明各类色彩对茶园昆虫和蜘蛛的诱捕力是相对稳定的。绍兴有机茶园观察了 24 h,杭州无公害茶园观察了 72 h,目

的是检测诱捕时间对诱捕虫量的影响。结果表明,随着诱捕时间的增加,诱捕虫量增加,害虫与天敌的数量比值增大。

部分捕食性天敌昆虫会被诱捕,因为它们也有强烈的趋色性,本研究中寄蝇类较多地偏向蓝、绿色。在内布拉斯加州沼泽地,就有较多的食蚜蝇类喜欢蓝色^[12],也有较多的蓟马类偏嗜蓝色^[12]。但我国台湾茶园中三轮蓟马 *Dendrothrips minowai* Priesner 常发,最嗜黄色^[8],本研究中也发现素馨黄对茶黄蓟马 *Scirtothrips dorsalis* Hood 诱效最好,还有研究表明蓝板和黄板对葱蓟马 *Thrips tabaci* L. 诱杀效果皆好,二者差异不显著^[13]。因此,不同种类的蓟马趋色性有明显差异,有的种类对蓝色趋性强、有的对黄色趋性强、还有的对黄和蓝趋性都强。

部分寄生性天敌昆虫也会被诱捕,它们趋黄色和黄绿色习性较强,主要是缨小蜂、茧蜂和小蜂。在茭白田中7色粘卡中对缨小蜂 *Anagrus* spp. 引诱力最强的是黄色,诱捕力为:黄色 > 蓝色 > 蓝绿色 > 绿色 > 白色 > 红色 > 黑色^[14]。缨小蜂是茶园假眼小绿叶蝉的重要寄生性天敌昆虫^[15],实际应用色板诱捕叶蝉等害虫时,可在色板上附加驱避缨小蜂的信息物质。试验显示,如果在芽绿色板上附加绒茧蜂信息素诱集剂,可有效诱集茶尺蠖绒茧蜂 *Apanteles* sp. 和单白绵绒茧蜂 *Apanteles* sp. 控制茶尺蠖^[16]。

昆虫综合利用视觉和嗅觉等感觉而定向,若在素馨黄或芽绿粘板上附着较强烈引诱叶蝉或粉虱的信息物质,则可以强化诱捕效应,而用于监测和诱捕防治。比如,侧沟茧蜂 *Microplitis croceipes* (Cresson) 经过反复受视觉和嗅觉刺激而获取经验,叠加利用两种感觉的效应定位其栖境^[17]。在印度谷螟 *Plodia interpunctella* (Hübner) 的光诱捕器中加入信息素,诱效也会明显增大^[18]。

References:

- [1] Chen N S. Visual communication. In: Chinese Agriculture Encyclopaedia · Insect Volume. China Agriculture Press, 1990. 362 — 363.
- [2] Jiang Y L, Duan Y, Wu Y Q. Effects of green-yellow light with three different wavelengths on the oviposition biology of *Spodoptera exigua* (Hübner). Acta Phytophylacica Sinica, 2008, 35 (5): 473 — 474.
- [3] Lelito J P, Fraser I, Mastro V C, Tumlinson J H, B r czky K, Baker T C. Visually mediated paratrooper copulations' in the mating behavior of *Agilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae), a highly destructive invasive pest of north American ash trees. Journal of Insect Behavior, 2007, 20: 537 — 552.
- [4] Romeis J, Shanower T G, Zebitz C P W. Response of *Trichogramma* egg parasitoids to colored sticky traps. BioControl, 1998, 43: 17 — 27.
- [5] Pickett C H, Pitcairn M J. Classical biological control of ash whitefly: factors contributing to its success in California. BioControl, 1999, 44: 143 — 158.
- [6] Schmid A, Hoehn H, Schmid K, Weibel F, Daniel C. Effectiveness and side effects of glue-traps to decrease damages caused by *Byturus tomentosus* in raspberry, 2006, 79: 137 — 142.
- [7] Kaneko S, Ozawa A, Saito T, Tatara A, Katayama H, Doi M. Relationship between the seasonal prevalence of the predacious coccinellid *Pseudoscymnus hareja* (Coleoptera: Coccinellidae) and the mulberry scale *Pseudaulacaspis pentagona* (Hemiptera: Diaspididae) in tea fields: Monitoring using sticky traps. Applied Entomology and Zoology, 2006, 41 (4): 621 — 626.
- [8] Xiao S N. Investigation on trap effect of coloured sticky plates on pests in tea gardens. Bulletin of Taiwan Tea Research, 1997, 16: 51 — 60.
- [9] Wang Y, Zhang H G, Zou Y D. Studies on the taxis of *Ectropis obliqua hypulina*. Acta Phytophylacica Sinica, 1991, 18 (2): 177 — 180.
- [10] Zhao D X, Chen Z M, Cheng J A. Study on preference of green leafhopper *Empoasca* (*Empoasca*) *vitis* (G the) for different colors. Journal of Tea Science, 2001, 21 (1): 78 — 80.
- [11] Xiang T H, Han B Y, Zhou X G. A survey on the trapping effect of four types of coloured sticky plates on various species of insects in tea gardens. Journal of Tea Science, 2007, 27 (3): 253 — 258.
- [12] Hoback W W, Svatos T M, M. Spomer S M, Higley L G. Trap color and placement affects estimates of insect family-level abundance and diversity in a Nebraska salt marsh. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1999, 91: 393 — 402.
- [13] Ren X H, Wang Y B. Field experiment on inducing insect by colorful plate with water-soluble. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36 (14): 6065 — 6067.
- [14] Zheng X S, Xu H X, Yu X P, Lu Z X, Chen J M, Tao L Y. Color preference of *Anagrus* spp. and application of sticky traps. Entomological Journal of East China, 2001, 10 (2): 96 — 100.

- [15] Han B Y, Lin J L, Zhou X G, Zhang J M. Investigation on morphology of eggs of tea green leafhoppers and morphology and parasitic percentages of mymarids parasitizing the leafhopper eggs. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2009, 36 (1): 13—17.
- [16] Han B Y, Zhou P, Fu J Y, Cui L. Suppression effect of *Apanteles* spp. attracted together by infochemicals-luring preparation on *Ectropis oblique* larvae. *Journal of Tea Science*, 2006, 26 (1): 72—75.
- [17] Wäckers F L, Lewis W J. Olfactory and visual learning and their combined influence on host site location by the parasitoid *Microplitis croceipes* (Cresson). *Biological Control*, 1999, 4: 105—112.
- [18] Sambaraju K R, Phillips T W. Responses of adult *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) to light and combinations of attractants and light. *Journal of Insect Behavior*, 2008, 21: 422—439.

参考文献:

- [1] 陈宁生. 视觉通讯. 见: 中国农业百科全书昆虫卷编辑委员会主编, 中国农业百科全书·昆虫卷. 北京: 中国农业出版社, 1990. 362~363.
- [2] 蒋月丽, 段云, 武予清. 三种不同波长绿-黄光对甜菜夜蛾产卵生物学的影响. *植物保护学报*, 2008, 35 (5): 473~474.
- [8] 萧素女. 茶园中有色粘纸诱捕害虫之效果调查. 台湾茶业研究汇报, 1997, 16: 51~60.
- [9] 王勇, 张汉鹄, 邹运鼎. 彩纸对茶尺蠖幼虫诱集效率的研究. *植物保护学报*, 1991, 18 (2): 177~180.
- [10] 赵冬香, 陈宗懋, 程家安. 假眼小绿叶蝉对不同颜色偏嗜性的研究. *茶叶科学*, 2001, 21 (1): 78~80.
- [11] 向太红, 韩宝瑜, 周孝贵. 四种粘板对茶园昆虫的引诱考查. *茶叶科学*, 2007, 27 (3): 253~258.
- [13] 任向辉, 王运兵. 水溶黏着剂色板的田间诱虫试验. *安徽农业科学*, 2008, 36 (14): 6065~6067.
- [14] 郑许松, 徐红星, 俞晓平, 吕仲贤, 陈建明, 陶林勇. 缨小蜂对颜色的选择性和粘卡技术的应用研究. *华东昆虫学报*, 2001, 10 (2): 96~100.
- [15] 韩宝瑜, 林金丽, 周孝贵, 章金明. 假眼小绿叶蝉卵及卵寄生蜂缨小蜂形态观察和寄生率考评. *安徽农业大学学报*, 2009, 36 (1): 13~17.
- [16] 韩宝瑜, 周鹏, 付建玉, 崔林. 昆虫化学信息素诱集绒茧蜂控制茶尺蠖的研究. *茶叶科学*, 2006, 26 (1): 72~75.