

茶蚜 (*Toxoptera aurantii* (Boyer)) 蜜露 分泌节律及对多种天敌的引诱效应

韩宝瑜 ,周成松

(农业部茶叶化学工程重点开放实验室 ,中国农业科学院茶叶研究所 杭州 310008)

摘要 :为研究茶蚜蜜露的分泌节律及对蚜茧蜂、中华草蛉、大草蛉、门氏食蚜蝇、七星瓢虫、异色瓢虫二斑变型、显现变种、显明变种和十九斑变种的引诱效应 ,在 21℃、85 % RH、3500 lx 光照和 12 L:12 D 光周期下 ,把 1 头无翅胎生雌成蚜在 1 h 内产出的 45 头无翅胎生雌若蚜分别引至小茶苗上 ,观测发育 ,收集蜜露。发现若蚜和成蚜历期为 32.4 d ± 5.8 d ,分泌蜜露 325.6 滴 ± 35.8 滴 ,体积为 41.98 μl ± 6.14 μl ,质量为 45.34 mg ± 8.76 mg。1 ~ 4 龄期间的蜜露量与天数呈 Logistic 关系。其中 1 ~ 2 龄期分泌的蜜露量较小。成蚜历期 22.0 d ± 0.0 d ,分泌蜜露 176.31 滴 ± 22.38 滴 ,体积 30.38 μl ± 5.32 μl ,连续分泌 5 ~ 8 h 之后间歇 2 ~ 5 h。另取一头雌成蚜在 1 h 内产出的、已发育为成蚜的 45 头雌成蚜 ,在 13 ~ 21℃、85 % RH、3500 lx 光照和 12 L:12 D 光周期下观测 ,发现室温的升降明显影响蜜露分泌量。蜜露显著延长 9 种 (亚种)天敌昆虫搜寻时间 ,随着蜜露剂量的增大 ,搜寻时间显著地延长。蚜茧蜂搜寻时间最长 ,门氏食蚜蝇最短 ,异色瓢虫 4 变种 (型)中 ,显明变种搜寻时间最长。茶蚜蜜露是重要的引诱多种天敌的接触性利它素。

关键词 茶蚜蜜露 ;蚜茧蜂 ;草蛉 ;食蚜蝇 ;瓢虫 ;利它素

文章编号 :1000-0933 (2007)09-3637-07 中图分类号 :Q143 Q968 文献标识码 :A

Rhythm of honeydew excretion by the tea aphid and its attraction to various natural enemies

HAN Bao-Yu ,ZHOU Cheng-Song

Key Laboratory of Tea Chemical Engineering of Ministry of Agriculture , Tea Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences , Hangzhou 310008 , China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (9) 3637 ~ 3643.

Abstract :The rhythm of honeydew excretion by the tea aphid [*Toxoptera aurantii* (Boyer)] and its attraction to following nine species (or subspecies) of beneficial insects , *Aphidius* sp. , *Chrysopa sinica* Tjeder , *Chrysopa septempunctata* Wesmael , *Sphaerophoria menthastri* L. , *Coccinella septempunctata* L. , *Leis axyridis* (Pallas) ab. *bimaculata* Hemmelmann , *L. axyridis* (Pallas) ab. *conspicua* Faldermaenn , *L. axyridis* (Pallas) var. *spectabilis* Faldermaenn , and *L. axyridis* (Pallas) var. *novemdecimpunctata* Faldermaenn , were investigated. Forty-five wingless virginoparae nymphs , reproduced by the same wingless virginogenia adult within 1 h , were introduced onto tea seedlings with one aphid per seedling. The honeydews excreted from different instars of nymphs and adults were collected under 21℃ ,85 % RH ,3500

基金项目 中国农业科学研究院杰出人才科研基金资助项目 (2002-382) ;浙江省重点资助项目 (2004C22040)

收稿日期 2007-01-05 ;修订日期 2007-07-19

作者简介 韩宝瑜 (1963 ~) 男 ,安徽省人 ,博士 ,研究员 ,从事昆虫化学生态学、茶树病虫害防治和茶叶香气研究。E-mail han-insect@263.net

致谢 :We thank Prof. Chen Zong-Mao for his supervision

Foundation item :The project was financially supported by the Grant from the Research Foundation for Outstanding Talents of CAAS (No. 2002-382) ; the Key Project of Zhejiang Province (No. 2004C22040)

Received date 2007-01-05 ;**Accepted date** 2007-07-19

Biography HAN Bao-Yu ,Ph D. , Professor , mainly engaged in chemical ecology of insects , tea plant disease and pest control and tea aroma. E-mail : han-insect@263.net

lux and 12 L:12 D photoperiod. It took 32.4 ± 5.8 d for the tested tea aphids to complete the development of their nymph and adult stages , during which 325.6 ± 35.8 droplets (ca. $41.98 \mu\text{l} \pm 6.14 \mu\text{l}$ and $45.34 \text{ mg} \pm 8.76 \text{ mg}$) of honeydews were secreted. During 1st and 4th instars , there was a logistic regression relationship between the amount of honeydews excreted and the time (days). The honeydew secretion during the first two instars was less than that from the later instars. Adult aphids survived for $22.0 \text{ d} \pm 0.0 \text{ d}$, and excreted 176.31 ± 22.38 droplets (ca. $30.38 \mu\text{l} \pm 5.32 \mu\text{l}$) of honeydews in a rate of 1 drop per ca. 30 — 50 min for 5 — 8 h and with a pause for 2 — 5 h before next secretion series. A batch of forty-five virginoparae female adults , reproduced by the same virginoparae female adult within 1 h , were introduced onto the tea seedlings (one aphid/seedling) under $13 - 21^\circ\text{C}$, 85% RH , 3500 lx and 12 L:12 D photoperiod. Temperature showed a significant effect on the amounts of honeydews excreted within the range of $13 - 21^\circ\text{C}$. Honeydews excreted by the aphids significantly increased searching time of the tested nine species of natural enemies in a positive dose-response fashion. The searching times of *Aphidius* sp. and *S. menthastri* were the longest and the shortest , respectively , among all the nine species , while the searching time of *L. axyridis* (Pallas)var. *spectabilis* was the longest among the four varieties of *L. axyridis*. Tea aphid honeydew is considered as an important contact kairomone for the tested natural enemies.

Key Words :Tea aphid honeydew ;*Aphidius* sp. ;lacewing ;syrphid ;ladybeetle ;kairomone

茶蚜 [*Toxoptera aurantii* (Boyer)] 是一种比较专化的刺吸式茶树害虫 ,广泛分布于我国茶区。一般于 4 ~ 5 月、9 ~ 11 月形成两个虫口高峰。在海南和西双版纳茶区无明显越冬现象。在长江中下游茶区 秋季在短日照的诱导下产生雌、雄性蚜 ,交尾后产受精卵于成叶上越冬。越冬卵常于 3 月下旬孵化 ,之后逐代孤雌生殖 ,产下无翅胎生雌蚜。许多无翅胎生蚜和少数有翅胎生蚜聚集在茶树嫩梢上。1 支 1 芽 4 叶的茶梢上茶蚜一般为 300 ~ 400 头 ,蚜数再多时 ,则分化出一批有翅蚜而迁飞^[1]。茶梢是制作高档茶叶的原料 ,为避免茶叶农残 ,通常不施药治蚜 ,也很少采用其它措施 ,因此茶蚜造成的茶叶产量和质量损失较重。而茶蚜天敌较多 ,常见瓢虫类沿着蜜露痕迹找到蚜群 ,茶蚜蜜露强烈引诱蚜茧蜂 *Aphidius* sp.、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* L. 和异色瓢虫 *Leis axyridis* (Pallas) 的 4 个变种 (型)^[2,3]。玫瑰蚜 *Metopolophium dirhodum* Walker 蜜露和豌豆蚜 *Acyrtosiphon pisum* Harris 蜜露还刺激食蚜蝇 *Episyrphus balteatus* (Deg.) 产卵^[4]。但茶蚜蜜露是否引诱食蚜蝇以及草蛉? 如果有引诱活性 ,那么对食蚜蝇、草蛉、蚜茧蜂和瓢虫的引诱效应是否有差异? 茶蚜蜜露的分泌是否有一定的时间节律? 1、2、3 龄和 4 龄若蚜期和成蚜期蜜露量的差异? 均未见报道。为查明不同龄期蜜露的分泌量、蜜露的分泌节律、以及比较蜜露在茶蚜与多种天敌之间化学通讯效应的质和量 ,遂进行了研究。

1 材料与方法

1.1 各龄若蚜和成蚜分泌露滴的滴数、节律和体积记载

在 3 m × 2 m × 2 m 的白色温室内 ,在 21°C 、85 % RH、3500 lx 光照和 12 L:12 D 光周期下 ,将 1 头无翅胎生雌成蚜在 1 h 内产出的 45 头无翅胎生雌若蚜分别引至小茶苗芽下第 1 叶叶背 ,1 苗接 1 蚜 ,观测茶蚜生长、发育和龄期的变化。茶树品种为龙井 43 ,下同。茶苗由种籽萌发生成 ,12 cm 高 ,刚生出 1 芽和 3 片真叶 ,试验时植于盛有蒸馏水的 5 ml 小烧杯里。置玻璃板于茶苗下接收蜜露 ,记录各龄若虫和成虫分泌的滴数和时间。时而用培养皿取代玻璃板 ,皿中放入植物油 ,油中事前放有测微尺 ,蜜露落入油中即成为椭球体 ,立即将培养皿移至立体显微镜下观测其长、短径 ,计算体积。选其中 1 个雌成蚜 ,观测其分泌蜜露的节律。

在相同的温室内 ,把同一雌成蚜在 1 h 内产出的、已发育为成蚜的 45 头雌成蚜 ,在 $13 - 21^\circ\text{C}$ 、85 % RH、3500 lx 光照和 12 L:12 D 光周期下同法饲养 ,观测温度的升、降对蜜露分泌量增、减的影响。

1.2 茶蚜蜜露比重的测定

同法接种 200 头无翅胎生雌成蚜于 3 株小茶苗背面 ,将一张铝箔放在苗下收集蜜露 12 h ,用电子天平称量收集蜜露前、后铝箔的质量变化 ,算出蜜露质量。再依据 “1.1” 的试验结果 ,推算平均 200 头雌成蚜 12 h 排泄的蜜露体积。以 12 h 内 200 头雌成蚜排泄的蜜露质量除以蜜露体积 ,算得蜜露比重。重复 15 次。

1.3 茶蚜蜜露对 9 种 (亚种) 天敌引诱活性的观测

1.3.1 供试天敌

为蚜茧蜂, 七星瓢虫、异色瓢虫二斑变型 *Leis axyridis* (Pallas) ab. *bimaculata* Hemmelmann、显现变种 *L. axyridis* (Pallas) ab. *conspicua* Faldermaenn、显明变种 *L. axyridis* (Pallas) var. *spectabilis* Faldermaenn 和十九斑变种 *L. axyridis* (Pallas) var. *novemdecimpunctata* Faldermaenn, 门氏食蚜蝇 *Sphaerophoria menthastri* L., 中华草蛉 *Chrysopa sinica* Tjeder 和大草蛉 *Chrysopa septempunctata* Wesmael。

选用成虫, 皆采于杭州地区茶园。对于蚜茧蜂, 则将从僵蚜体内羽化的蚜茧蜂引入 500 ml 罐头瓶中, 饲以 10 % 蜂蜜水, 让其自由交尾, 不 让其接触气味, 选用雌蜂做试验。门氏食蚜蝇引入 500 ml 罐头瓶中, 饲以 10 % 蜂蜜水。中华草蛉, 大草蛉, 七星瓢虫, 异色瓢虫二斑变型、显现变种、显明变种和十九斑变种引入 500 ml 罐头瓶中, 饲以茶蚜。试验前, 除了蚜茧蜂其余天敌皆禁食 24 h。

1.3.2 引诱活性检测方法

用洁净的培养皿收集 8000 头茶蚜分泌 24 h 的蜜露, 加入 15 ml 50 % 乙醇于培养皿中, 搅拌 5 min。在 60 ℃ 将该蜜露溶液减压浓缩至 2 ml, 记为“浓缩蜜露”。将直径 12 cm 的滤纸放入直径 12 cm 的培养皿中, 用移液器吸取 100 μl 50 % 乙醇于滤纸的中心, 作为 CK, 吸取 100 μl 浓缩蜜露于滤纸的中心, 相当于 400 头蚜虫 24 h 分泌的蜜露, 吸取 200 μl 浓缩蜜露于滤纸的中心, 相当于 800 头蚜虫 24 h 分泌的蜜露。在本文图 4 中表示试验处理的棱柱下, CK、100 μl 和 200 μl 浓缩蜜露分别记为“1”、“2”和“3”, 这 3 种处理各设 15 个重复。待乙醇挥发后, 逐一将天敌引至滤纸的中心释放, 用秒表记录天敌在滤纸上的停留时间。至于蚜茧蜂、草蛉和食蚜蝇, 以其接触滤纸中心至飞离培养皿, 作为停留时间; 至于瓢虫, 则以其接触滤纸中心至爬上培养皿边缘, 作为停留时间^[3]。每个供试培养皿测试 1 头, CK、100 μl 和 200 μl 浓缩蜜露共 3 种处理, 各设 15 个培养皿。

生物测定在室内进行, 时间为 09 00 ~ 14 00, 21 ~ 24 ℃, 75 % ~ 83 % RH 和 3200 ~ 3600 lx 光照。

2 结果和分析

2.1 各龄若蚜和成蚜历期及分泌蜜露的滴数体积和质量

测得蜜露比重为 1.02 g/ml ± 0.12 g/ml。在 21 ℃、85 % RH、3500 lx 光照和 12 L:12 D 光周期下, 各龄若蚜和成蚜发育历期、分泌蜜露的滴数和体积、以及若蚜和成蚜期的蜜露总质量如表 1。

表 1 各龄若蚜和成蚜分泌蜜露的滴数和体积
Table 1 Number and volume of honeydew droplets secreted by each instar nymph and adult

龄期 Instar	历期 Duration (d)	蜜露滴数 Droplet number	蜜露体积 (μl) Honeydew volume	蜜露质量 (mg) Honeydew quality
1 龄 1sr instar	2.0	9.64 ± 1.21	0.73 ± 0.06	
2 龄 2nd instar	2.0	34.60 ± 4.20	1.39 ± 0.32	
3 龄 3rd instar	3.0	50.43 ± 6.02	3.71 ± 0.40	
4 龄 4th instar	3.0	54.69 ± 6.48	5.76 ± 0.86	
成蚜 Adult	22.0	176.31 ± 22.38	30.38 ± 5.32	
若蚜和成蚜期 Nymph &c adult stages	32.4	325.60 ± 35.8	41.98 ± 6.14	45.34 ± 8.76

1 ~ 4 龄若蚜期间, 蜜露体积 (Y) 与天数 (X) 呈 Logistic 曲线关系 $Y = 2.09658 / (1 + e^{3.00012 - 0.58149X})$ ($R^2 = 0.9655$, $P < 0.0001$), 蜜露滴数 (Y) 与天数 (X) 呈 Logistic 曲线关系 $Y = 17.54626 / (1 + e^{2.90180 - 2.10597X})$ ($R^2 = 0.8912$, $P < 0.001$) (图 1)。每龄第 1 天分泌的体积和滴数少于同龄其它天数分泌的体积和滴数。1 ~ 2 龄期蚜虫体型小, 蜜露量小。3 ~ 4 龄期的分泌量明显增大, 成虫期的蜜露分泌量最大。

2.2 成蚜分泌蜜露节律及受温度的影响

其中 1 头雌成蚜分泌节律表明, 分泌蜜露期间每隔 30 ~ 50 min 排泄 1 滴, 连续分泌 5 ~ 8 h 间歇 2 ~ 5 h, 第 17 ~ 21.5 小时、第 35 ~ 36.5 小时和第 57 ~ 61 小时期间没有分泌蜜露 (图 2)。

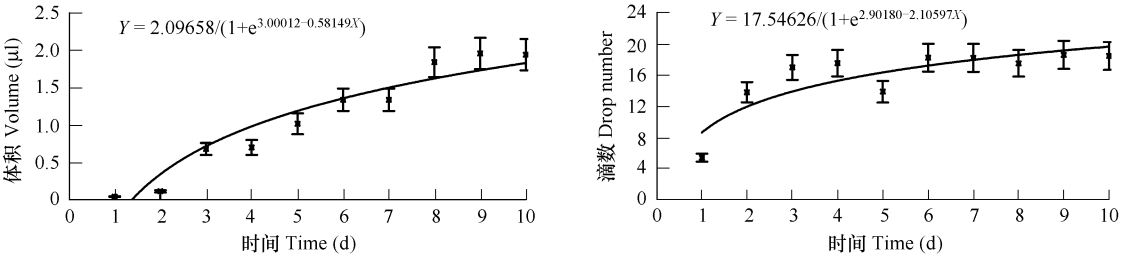


图 1 1~4 龄若蚜每天分泌的蜜露滴数和体积

Fig. 1 Droplet number and volume of honeydew secreted by nymph aphids of 1st~4 th instar
1 龄 the 1st instar :1~2 d ;2 龄 2nd instar 3~4 d ;3 龄 3rd instar :5~7 d ;4 龄 4th instar 8~10 d

在 13~21℃、85% RH、3500 lx 光照和 12 L:12 D 光周期下,室温明显影响蜜露量。第 6、7、8、9、10 和 11 天温度分别为 17、15、15、14、14℃和 13℃,45 头茶蚜平均分泌蜜露 1.75、1.55、1.31、1.20、0.94 μl 和 0.73 μl,平均滴数为 10.11、8.99、7.23、7.50、5.43 和 4.25。从第 6 天至第 11 天室温下降时,45 头茶蚜的平均分泌量直线下降,至第 11 天温度最低,分泌量也最少。温度与蜜露体积之间相关性显著,相关系数 $r^2=0.8613$, $P<0.01$;温度与蜜露滴数之间的相关性同样显著,相关系数 $r^2=0.8029$, $P<0.05$ 。从第 12 天起温度升至 21℃并保持恒温,蜜露的滴数和体积直线上升之后,维持在同一水平(图 3)。成蚜后期分泌的蜜露量有所减少(图 3 中第 20~22 天)。

2.3 茶蚜蜜露对 9 种(亚种)天敌的引诱效应及差异

同一种天敌在 CK、100 μl 浓缩蜜露和 200 μl 浓缩蜜露上搜寻和滞留时间差异显著($P<0.01$),在 200 μl 上的时间最长(图 4)。茶蚜蜜露强烈引诱 9 种(亚种)供试天敌。

在 CK 上,或者在 100 μl 浓缩蜜露或 200 μl 浓缩蜜露的处理上,9 种(亚种)天敌的搜寻和滞留时间差异极显著($P<0.01$),说明天敌对蜜露信息的感知和利用能力是有区别的(图 5)。蚜茧蜂用的时间最长。因为蚜茧蜂取食茶蚜蜜露^[2],所以本研究所用的蚜茧蜂在试验前一直都在用蜂蜜饲养,未禁食,说明蚜茧蜂确实嗜好茶蚜蜜露。七星瓢虫滞留时间次长于蚜茧蜂,因为该天敌对蜜露比较敏感^[3]。异色瓢虫的 4 个变种(型)中,显明变种搜寻和滞留时间最长。

3 讨论

研究表明,马铃薯蚜 *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) 蜜露的水提取液涂于树叶表面或滤纸盘上,延长蚜茧蜂 *Aphidius nigripes* Ashmead 的搜寻时间^[5]。菜少脉蚜茧蜂 *Diaeretiella rapae* (MacIntosh) 用寄主甘

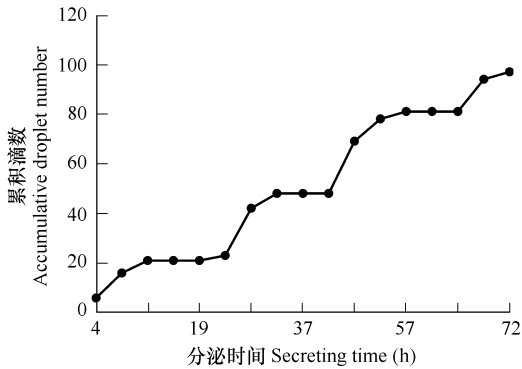


图 2 1 头雌成蚜蜜露的分泌期及间歇期

Fig. 2 Secreting and stopping of honeydew by a virginoparae adult aphid

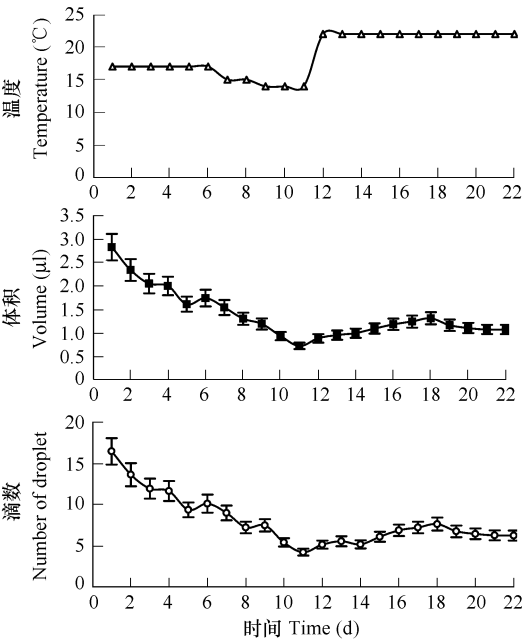


图 3 温度对雌成蚜蜜露滴数和体积的影响

Fig. 3 Effect of temperature on number and volume of honeydew droplet

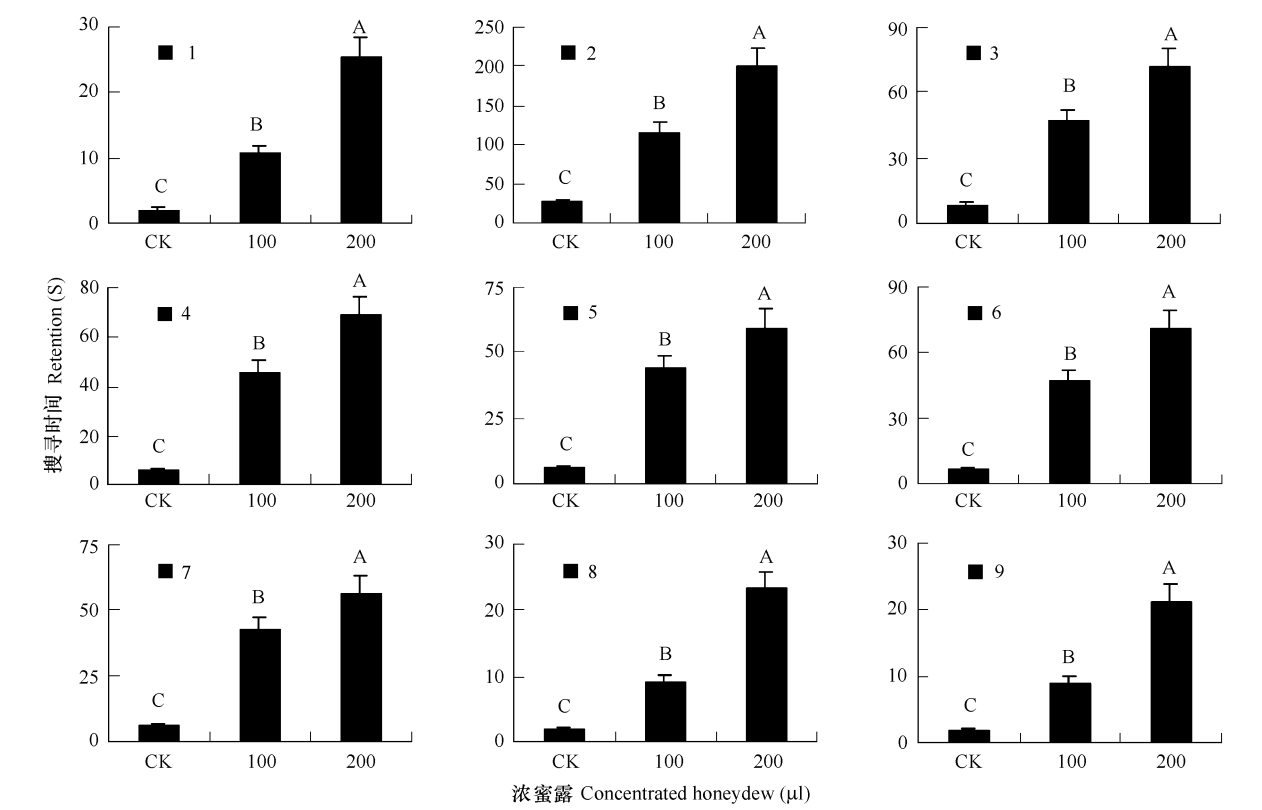


图 4 每种 (亚种) 天敌在 CK、100 μl 和 200 μl 浓缩蜜露上搜寻时间的比较

Fig. 4 Comparison among searching and retention time spent by every species (subspecies) of natural enemies on CK, 100 μl and 200 μl concentrated honeydew

Duncan 新复极差用于测验 ; 每个图中 3 个棱柱上不同的大写字母表示差异达极显著水平 ($P < 0.01$) ; 1 : 中华草蛉 2 : 蚜茧蜂 3 : 七星瓢虫 4 : 异色瓢虫二斑变型 5 : 异色瓢虫显斑变种 6 : 异色瓢虫显斑变种 7 : 异色瓢虫十九斑变种 8 : 大草蛉 9 : 门氏食蚜蝇 ; 下同 Duncan 's new multiple range test is used ; The numerals below three columns in each figure show treatment dosages ; The different capitals on three columns in each figure show the difference reach significant level of $P < 0.01$. 1 : *Chrysopa sinica* ; 2 : *Aphidius* sp. ; 3 : *Coccinella septempunctata* ; 4 : *Leis axyridis* (Pallas) ab. *bimaculata* ; 5 : *L. axyridis* (Pallas) ab. *conspicua* ; 6 : *L. axyridis* (Pallas) var. *spectabilis* ; 7 : *L. axyridis* (Pallas) var. *novemdecimpunctata* ; 8 : *Chrysopa septempunctata* ; 9 : *Sphaerophoria menthastri* ; the same below

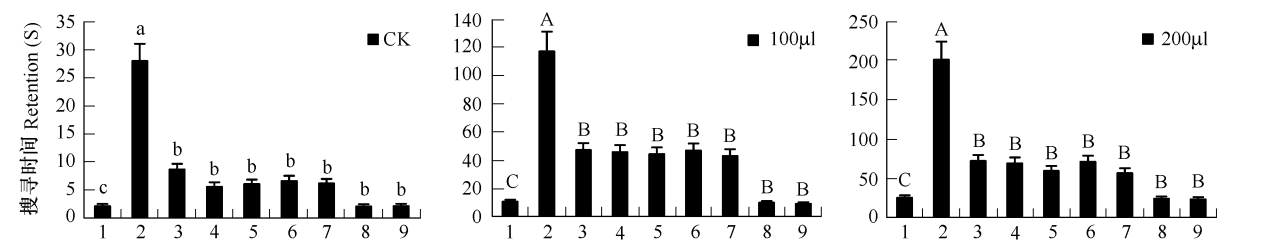


图 5 9 种 (亚种) 天敌 CK、100 μl、或者 200 μl 上搜寻和滞留时间的差异

Fig. 5 Difference in searching and retention time of nine species of natural enemies searching on CK, 100 μl and 200 μl concentrated honeydes 每个图中 , 不同的小写字母表明天敌种间搜寻和滞留时间的差异达显著水平 ($P < 0.05$) , 不同的大写字母表明天敌种间的时间差异达极显著水平 ($P < 0.01$)

On each of figures different little letters on columns show the difference reach the level of $P < 0.05$, and different capitals show the difference reach the level of $P < 0.01$

蓝蚜 *Brevicoryne brassicae* L. 蜜露作为利它素搜寻其寄主 ; 在被蜜露污染的叶片上、或拥有甘蓝蚜和蜜露的叶片上 , 搜寻时间随着叶片被蜜露污染程度的加深而显著地延长^[6]。在粘有禾谷蚜 *Sitobion avenae* F. 蜜露的麦

穗上,七星瓢虫延长搜寻时间^[7]。许多种蚜虫的蜜露可引诱雌寄生蜂在蜜露区域搜寻、停留^[2,5,6,8~12]。菜少脉蚜茧蜂还利用蜜露定位寄主蚜虫和评估目标区域内的蚜数^[6]。蜜露加深无网长管蚜茧蜂 *Aphidius ervi* Haliday 在学习过程中受到的刺激^[13]。重寄生蜂利用蚜虫蜜露定位其寄主——寄生蜂^[14]。豌豆蚜 *Acyrtosiphon pisum* (Harri) 蜜露延长怀卵的雌食蚜蝇 *Episyrphus balteatus* (Degeer) 在蜜露上的搜寻时间,刺激食蚜蝇伸长喙和刺探产卵管^[15]。茶蚜蜜露显著引诱草蛉、瓢虫、蚜茧蜂和食蚜蝇,在茶园中联系茶蚜与多种天敌,是一种重要的接触性利它素。

蜜露之所以吸引天敌,是因为其中含有利它素组分。就寄主植物欧亚槭 *Acer pseudoplanatus* L. 与枫长镰管蚜 *Drepanosiphum platanoidis* (Schr.)、寄主植物欧洲李 *Prunus domestica* L. 与桃粉大尾蚜 *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) 而言,植物韧皮部伤流液中氨基酸浓度显著相关于蚜虫蜜露中氨基酸的含量,蜜露中的主要组分是谷氨酸、谷氨酰氨、天冬氨酸和丝氨酸^[16]。蚜虫蜜露的主要成分是一些氨基酸和糖分^[17,18]。茶蚜蜜露主要组分是 10 多种氨基酸和 7 种糖分,这些氨基酸组分和糖分的组成和含量与新鲜茶梢中氨基酸成分和糖分的组成和含量有相关性。在组成上,蜜露中的氨基酸在鲜茶梢中都有,在数量上,新鲜茶梢中氨基酸含量一般占干重 3%~6%,其中茶氨酸含量最大,约占干重 1%~2%^[19],蜜露中也含有较多的茶氨酸,但含量为 17.9%^[1],少于天冬氨酸、苏氨酸和丝氨酸。茶蚜蜜露中含有其它蚜虫蜜露不含有的茶氨酸,茶氨酸的含量又较高,且各氨基酸组分的相对含量异于其它蚜虫蜜露中各氨基酸组分的相对含量。所以,茶蚜蜜露对天敌的引诱效应有别于其它蚜虫蜜露。比如,茶蚜蜜露引诱脉翅目、鞘翅目、膜翅目和双翅目 4 个目的天敌,对 9 种(亚种)天敌引诱活性有异,表现在 9 种(亚种)天敌在茶蚜蜜露上的滞留时间长短有显著差别。

就天敌搜寻和滞留时间而言,从天敌方面来看,几种天敌昆虫触角化感器的数量和形态各异^[20,21],功能可能存在着差别,影响它们对利它素信息的利用。从体型大小来分析,蚜茧蜂体型小,它在同样大小的供试培养皿发现利它素的空间相对于自身的空间,即相对空间较大,搜寻时间就较长;大草蛉和门氏食蚜蝇体型较大,搜寻的相对空间较小,搜寻时间就较短。蚜虫虫龄影响着蜜露的分泌量^[22],高龄茶蚜体型较大,分泌的蜜露多于低龄。宜进一步探讨如何有效利用蜜露调控茶园天敌的行为,从而有效制约茶蚜的为害。

References :

[1] Han B Y, Cui L. Observation on the dynamic changes in the colonies of tea aphid and its main natural enemies and the preying efficiency. *Journal of Fujian Tea*, 2003, 95 :13—14.

[2] Han B Y, Chen Z M. Selectivity of *Aphidius* sp. to various odour sources. *Journal of Tea Science*, 1999, 19 (1) :29—34.

[3] Han B Y, Chen Z M. Searching behaviour of *Coccinella septempunctata* and four varieties of *Leis axyridis* adults on tea aphid honeydew and analysis of honeydew component. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20 (3) :495—501.

[4] Budenberg W J, Powell W. The role of honeydew as an ovipositional stimulant for two species of syrphids. *Entomol. Exp. Appl.*, 1992, 64 :57—61.

[5] Bouchard Y, Cloutier C. Honeydew as a source of host-searching kairomones for the aphid parasitoid *Aphidius nigripes* (Hymenoptera : Aphidiidae). *Can. J. Zool.*, 1984, 62 :1513—1520.

[6] Shaltiel I, Ayal Y. The use of kairomones for foraging decisions by an aphid parasitoid in small host aggregations. *Ecolog. Entomol.*, 1998, 23 :319—329.

[7] Carter M C, Dixon A F G. Honeydew :an arrestant stimulus for coccinellids. *Ecolog. Entomol.*, 1984, 9 :383—387.

[8] Budenberg W J. Honeydew as a contact kairomone for aphid parasitoids. *Entomol. Exp. Appl.*, 1990, 55 :139—148.

[9] Ayal Y. The foraging strategy of *Diaeretiella rapae* I. The concept of the elementary unit of foraging. *J. Anim. Ecol.*, 1987, 56 :1057—1068.

[10] Cloutier C, Bauduin F. Searching behavior of the aphid parasitoid *Aphidius nigripes* (Hymenoptera : Aphidiidae) foraging on potato plants. *Environ. Entomol.*, 1990, 19 :222—228.

[11] Gardner S M, Dixon A F G. Plant structure and the foraging success of *Aphidius rhopalosiphii* (Hymenoptera : Aphidiidae). *Ecol. Entomol.*, 1985, 10 :171—179.

[12] Grasswitz T R, Paine T D. Influence of physiological state and experience on the responsiveness of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera : Aphidiidae) to aphid honeydew and to host plants. *J. Insect Behav.*, 1993, 6 :511—528.

[13] Powell W , Pennacchio F , Poppy G M , Tremblay E. Strategies involved in the location of hosts by the parasitoid *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera : Braconidae : Aphidiinae). Biol. Control ,1998 ,11 :104 — 112.

[14] Buitenhuis R , McNeil J N , Boivin G , Brodeur J. The role of honeydew in host searching of aphid hyperparasitoids. J. Chem. Ecol. ,2004 ,30 : 273 — 285.

[15] Sutherland J P , Sullivan M S , Poppy G M. Oviposition behaviour and host colony size discrimination in *Episyrphus balteatus* (Diptera : Syrphidae). Bull. Entomol. Res. ,2001 ,91 :411 — 417.

[16] Douglas A E. The nutritional quality of phloem sap utilized by natural aphid populations. Ecolog. Entomol. ,1993 ,18 :31 — 38.

[17] Zhang G X , Zhong T S. Economic insect fauna in China · Homoptera · aphids (Volume 1). Beijing : Science Press ,1983. 18 — 21.

[18] Auclair J L. Aphid feeding and nutrition. Annu. Rev. Entomol. ,1963 ,8 :439 — 490.

[19] Li M J. Amino acids. In : Chen Z M ed. China Tea Big Dictionary. Beijing : China Light Industry Press ,2002. 337 — 339.

[20] Han B Y , Chen Z M , Wang M. Sem investigation of chemical sensilla of antennae of *Coccinella septempunctata* and *Leis axyridis*. Entomological Journal of East China ,2000 9 (1) 24 — 28.

[21] Han B Y. Observation on the antennae receptors of tea aphids and aphid parasitoids by scanning electronical microscope. Journal of Tea Business , 2000 ,22 (1) :25 — 26.

[22] Fisher M K , Völkl W , Schopf R , Hoffmann K H. Age-specific patterns in honeydew production and honeydew composition in the aphid *Metopeurum fuscoviride* : Implications for ant-attendance. J. Insect Physiol. ,2002 ,48 :319 — 326.

参考文献：

[1] 韩宝瑜 崔林. 茶蚜及其主要天敌的种群动态. 福建茶叶 2003 95 :13 ~ 14.

[2] 韩宝瑜 陈宗懋. 蚜茧蜂对不同味源的选择性. 茶叶科学 ,1999 ,19 (1) 29 ~ 34.

[3] 韩宝瑜 陈宗懋. 七星瓢虫和异色瓢虫 4 变种成虫对茶蚜蜜露的搜索行为和蜜露的组分分析. 生态学报 2000 20 (3) #495 ~ 501.

[17] 张广学 钟铁生. 中国经济昆虫志 · 同翅目 · 蚜科 (第 1 卷). 北京 科学出版社 ,1983. 18 ~ 21.

[19] 李名君. 氨基酸. 见 : 陈宗懋主编. 中国茶叶大辞典. 北京 : 中国轻工业出版社 ,2002. 337 ~ 339.

[20] 韩宝瑜 陈宗懋 王梅. 七星瓢虫和异色瓢虫 3 变种成虫触角感器扫描电镜观察. 华东昆虫学报 2000 9 (1) 24 ~ 28.

[21] 韩宝瑜. 茶蚜和蚜茧蜂触角感器的扫描电镜观察. 茶业通报 2000 22 (1) 25 ~ 26.