

几种天敌对麦蚜蜜露的行为反应*

刘勇^{1,2**} 陈巨莲² 王洪刚¹

(¹ 山东农业大学博士后流动站 山东泰安 271018)

(² 中国农业科学院植物保护研究所 北京 100094)

摘要 麦长管蚜和禾谷缢管蚜蜜露的主要糖分为果糖、葡萄糖、蔗糖及两种未知糖分。其中前者以蔗糖含量最高,后者则不含蔗糖。其游离氨基酸种类基本相同,但后者蜜露中未鉴定出苏氨酸;除丙氨酸和组氨酸外,麦长管蚜中各类氨基酸的含量明显高于禾谷缢管蚜,其中单头麦长管蚜日分泌氨基酸量以亮氨酸和丙氨酸最高,分别达到了0.204 7 ng和0.137 7 ng,而禾谷缢管蚜以丙氨酸和亮氨酸最高,分别达到了0.154 3 ng和0.102 5 ng。随着蜜露含量的增加,各天敌的搜索与滞留时间显著延长,但逐渐趋于平缓,基本符合逻辑斯蒂增长。燕麦蚜茧蜂在两种蚜虫蜜露上的搜索与滞留时间差异显著,而瓢虫与草蛉类的搜索与滞留时间差异不显著,说明蜜露对捕食性和寄生性天敌的影响不同。图3表1参13

关键词 麦蚜;蜜露;天敌;行为反应

CLC Q969.367.205

CHEMICAL ANALYSIS OF HONEYDEWS FROM TWO WHEAT APHID SPECIES AND EFFECTS OF NATURAL ENEMIES ON THEIR BEHAVIORAL RESPONSES*

LIU Yong^{1,2**}, CHEN Julian² & WANG Honggang¹

(¹ Postdoctoral Station of Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China)

(² Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China)

Abstract Sugars in honeydew of *Sitobion avenae* comprised glucose, saccharose, fructose and other two kinds of unknown sugars. The proportion of saccharose in the honeydew of *S. avenae* was the highest but no in *Rhopalosiphum padi*. Except threonine, free amino acids in honeydew of *S. avenae* and *R. padi* were the same. The quantity of free amino acids in honeydew of *S. avenae* was higher than that of *R. padi* except for alanine and histidine. Leusine (0.204 7 ng) and alanine (0.137 7 ng) were the two kinds of highest free amino acid in *S. avenae* secretions per aphid per day, and alanine (0.154 3 ng), leusine (0.102 5 ng) in *R. padi*. With the increasing of honeydew dose, the retention and searching time of *Aphidius avenae*, *Chrysopa sinica*, *Chrysopa septempunctata*, *Coccinella septempunctata* and *Propylaea japonica* were longer, but the tendency were smooth. The retention and searching times of *A. avenae* to honeydews of the two aphid species were notably different, but *C. sinica*, *C. septempunctata*, *C. septempunctata* and *P. japonica* were not. Fig 3, Tab 1, Ref 13

Keywords wheat aphids; honeydew; natural enemies; behavioral responses

CLC Q969.367.205

小麦是世界农业生产中最主要的粮食作物之一,麦蚜是麦田常发的重要害虫,它不仅常年造成小麦减产15%~50%,而且还严重影响小麦品质,其口针穿刺与唾液分泌,可引起植株叶片失绿、坏死而且还可传播植物病毒病。面对重大虫灾的威胁,传统的防治方法常带来生物多样性被严重破坏、环境污染日趋严重以及食物安全性无法得到保证等突出社会问题;

而自然天敌的控害作用是一种极为重要,又符合环境保护、食物安全和可持续发展要求的控害减灾办法。

同翅目昆虫蜜露既可作为蚜茧蜂搜寻寄主的接触利它素^[1~4],又对雌性拟寄生物具有吸引作用^[5,6]。七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 成虫及另一种瓢虫 *Semiadalia undecimpunctata* 幼虫不仅以蜜露为食,还可在蜜露分布区表现为地域集中搜索(area restricted searching)^[7,8]。普通草蛉 *Chrysoperla carnea* 成虫由于以橄榄黑盔蚧 *Saissetia oleae* 的蜜露作为主要的食物来源,在接触蜜露后就改变了搜索行为,平均搜索速度下降,转动速度与转动角度升高,在橄榄黑盔蚧取食地的产卵量增加^[9]。由于同翅目昆虫的蜜露不仅是寄生性及捕食性天

收稿日期:2002-04-01 接受日期:2002-05-10

* 国家973项目(GB20000126)和中国博士后基金项目部分内容
Supported by the "973" Item (GB20000126) of China and the National Postdoctoral Foundation of China

** 通讯作者 Corresponding author (E-mail: liuyong@sdaa.edu.cn;
Tel:0538-8242541)

敌的主要食物来源,而且还可能是其搜寻寄主的比较可靠的化学线索,因此深入研究蜜露的化学成分以及各类天敌接受蜜露刺激后的行为反应,明确蜜露在天敌昆虫搜寻及鉴别寄主中的作用,具有重要的理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 蚜虫与天敌

供试麦长管蚜 *Sitobion avenae* 和禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* 皆为人工气候室内以小麦连续多代饲养,温度 $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,光照 16L:8D。供试的天敌昆虫有寄生性天敌燕麦蚜茧蜂 *Aphidius avenae*、捕食性天敌七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*、龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*、中华草蛉 *Chrysopa sinica* 和大草蛉 *Chrysopa septempunctata* 成虫,燕麦蚜茧蜂以麦二叉蚜饲养,取 24 h 内羽化已交配的饥饿雌蜂供试,实验所需瓢虫类及草蛉类天敌昆虫皆采自中国农科院植保所实验地及附近农田,在玻璃笼罩内以麦长管蚜饲养,温度 $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,光照 16L:8D,取成虫做嗅觉测定实验,所用试虫日龄保持一致,实验前至少饥饿 12 h。

1.2 蜜露的收集

以玻璃管套入蚜害小麦植株,然后平置玻璃管,收集约 2 000 头蚜虫 24 h 的蜜露。以 50% 酒精溶液冲洗后抽滤,旋转蒸发仪 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 浓缩为 2 mL 后存于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中用于薄层层析;同样收集约 2 000 头蚜虫 24 h 的蜜露,以蒸馏水冲洗后抽滤,冷冻干燥为 2 mL 后用于测定游离氨基酸及生测。

1.3 层析条件

层析板为硅胶 G 试剂板,大小 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$,厚度 $0.20 \sim 0.25\text{ mm}$ 。青岛海洋化工厂生产。展开剂为正丁醇、丙酮和水,体积比为 4:5:1。染色剂:1% 苯胺丙酮溶液与 1% 二苯胺丙酮溶液混合,再加占总体积 10% 的 85% 磷酸。在距层析板底部 1 cm 处点样 $2\text{ }\mu\text{L}$,每样点相距 1.5 cm。约 1 h 后,展开剂可到达层析板上层边缘。标准糖样品为 1% 的甘露糖、葡萄糖、果糖及蔗糖溶液。

1.4 液谱条件

Waters Millennium 2690 色谱工作站,pico·Tag 柱(Waters 公司),柱温 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,柱前衍生剂 PITC(苯异硫氰酸酯),流动相:醋酸钠缓冲液(pH 6.4):乙腈(体积比)=6:4,二元梯度洗脱,流速 1.0 mL/min 。二极管阵列检测器,254 nm 检测。

1.5 5 种天敌对两种蚜虫蜜露的行为反应

以直径 4 cm 的圆形滤纸片放入直径 9 cm 的培养皿内,把 $200\text{ }\mu\text{L}$ 蜜露水溶液滴于滤纸片上表面,同样以 $200\text{ }\mu\text{L}$ 蒸馏水为对照。以秒表记录天敌搜索和滞留时间。天敌搜索和滞留时间是指从释放在滤纸片上开始直到其通过爬行或者飞行离开为止。试验前天敌饥饿 24 h。试验条件:温度 $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,RH $70\% \pm 5\%$,光照 $2\text{ }600\text{ lx}$ 。重复不少于 20 次。每重复一次,滤纸片更换一次。

1.6 5 种天敌昆虫对不同剂量蜜露的行为反应

选取麦长管蚜蜜露,分为 0 (CK)、 $25\text{ }\mu\text{L cm}^{-2}$ 、 $50\text{ }\mu\text{L cm}^{-2}$ 、 $100\text{ }\mu\text{L cm}^{-2}$ 和 $150\text{ }\mu\text{L cm}^{-2}$ 5 个梯度,以同样的方法测定各天敌昆虫的行为反应。

cm^{-2} 、 $100\text{ }\mu\text{L cm}^{-2}$ 和 $150\text{ }\mu\text{L cm}^{-2}$ 5 个梯度,以同样的方法测定各天敌昆虫的行为反应。

2 结果与分析

2.1 两种蚜虫蜜露的主要化学成分分析

2.1.1 糖分分析 麦长管蚜蜜露样品层析谱被分成了 5 个点,其 R_f 值分别为:0.47、0.44、0.40、0.31 和 0.29,禾谷缢管蚜蜜露样品被分为 4 个点,其 R_f 值分别为 0.47、0.44、0.31 和 0.29。与标准糖层析谱比较,确定该 5 种糖分别是果糖、葡萄糖、蔗糖及两种未知糖分(可能为三糖)。其中麦长管蚜以蔗糖含量最高,禾谷缢管蚜则不含蔗糖。见图 1。

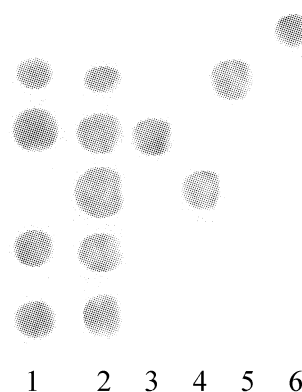


图 1 麦长管蚜和禾谷缢管蚜蜜露主要糖分薄层层析图谱

Fig 1 Sugars in honeydews from *Sitobion avenae* and *Rhopalosiphum padi*

1: 禾谷缢管蚜蜜露; 2: 麦长管蚜蜜露; 3: 葡萄糖; 4: 蔗糖; 5: 果糖; 6: 甘露糖 1. Honeydew of *Rhopalosiphum padi*; 2. Honeydew of *Sitobion avenae*; 3. Glucose; 4. Saccharose; 5. Fructose; 6. Mannose

2.1.2 游离氨基酸分析 两种蚜虫蜜露的游离氨基酸种类基本相同,但禾谷缢管蚜蜜露中未鉴定出苏氨酸;除丙氨酸和组氨酸外,麦长管蚜中各类氨基酸的含量明显高于禾谷缢管蚜(表 1)。其中单头麦长管蚜日分泌亮氨酸和丙氨酸含量最高,分别达到了 $0.204\text{ }7\text{ ng}$ 和 $0.137\text{ }7\text{ ng}$,而禾谷缢管蚜则以丙氨酸和亮氨酸最高,分别达到了 $0.154\text{ }3\text{ ng}$ 和 $0.102\text{ }5\text{ ng}$ 。

2.2 5 种天敌对两种蚜虫蜜露的搜索及滞留反应

5 种天敌在两种蚜虫蜜露上的搜索与滞留时间与 CK 相比差异皆极显著($P < 0.01$),但两种蚜虫蜜露间除燕麦蚜茧蜂的搜索与滞留时间差异显著外,瓢虫与草蛉类的搜索与滞留时间差异不显著(图 2)。

2.3 5 种天敌对不同剂量的麦长管蚜蜜露的搜索与滞留反应

随蜜露含量的增加,各天敌的搜索与滞留时间显著延长,但逐渐趋于平缓,在 $100\text{ }\mu\text{L cm}^{-2}$ 与 $150\text{ }\mu\text{L cm}^{-2}$ 蜜露上的搜索与滞留时间差异不显著(图 3)。

3 讨论

本研究首次比较了同一寄主植物的两种空间生态位重叠

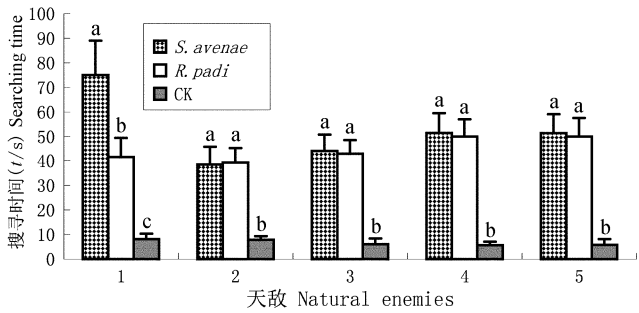


图2 5种天敌在2种蚜虫相同剂量($50\text{ }\mu\text{L cm}^{-2}$)蜜露上的搜寻时间
Fig 2 Searching time of 5 natural enemy species on filter papers contaminated with $50\text{ }\mu\text{L cm}^{-2}$ of 2 aphid species *S. avenae* and *R. padi*
1. *Aphidius avenae*; 2. *Chrysoperla sinica*; 3. *Chrysopa septempunctata*; 4. *Coccinella septempunctata*; 5. *Propylaea japonica*. 字母不同者为每种天敌 Duncan 氏多重比较差异显著 ($P<0.01$), 下同. Different letter refers to signifecant difference by Duncan's multiple range test. The same below

度较低的同翅目害虫麦长管蚜和禾谷缢管蚜蜜露的主要化学组分,测出麦长管蚜蜜露的主要成分是亮氨酸等 17 种氨基酸以及蔗糖等 5 种糖分;禾谷缢管蚜主要成分为丙氨酸等 16 种氨基酸以及葡萄糖等 4 种糖分.韩宝瑜等^[10]分析了茶蚜蜜露的主要化学组分为以苏氨酸、天冬氨酸、茶氨酸及谷氨酸为主的 13 种氨基酸和以蔗糖、三聚糖为主的 7 种糖分(包括 2 种未知糖分).说明不同种蚜虫间,即使寄主植物相同,其蜜露中氨基酸和糖分的组成及含量也具有一定的差异.

由于植物维管液氨基酸及其它含氮化合物含量极低,通常被认为是缺乏营养的食物^[11].但蚜虫可以通过其胞内共生菌 *Buchnera* 合成、提供^[12]或通过蚜虫取食诱导产生^[13]其必需氨基酸. Sandström 等^[13]研究表明,禾谷缢管蚜的必需氨基酸是由其胞内共生菌 *Buchnera* 提供.因此,植物维管液中所含有的氨基酸既不能反映蚜虫生长发育所必需的氨基酸,也不能

表 1 两种蚜虫蜜露的游离氨基酸组成和含量
Tab 1 Free amino acids of honeydews from *Sitobion avenae* and *Rhopalosiphum padi*

游离氨基酸 Free amino acid	麦长管蚜 <i>S. avenae</i>		禾谷缢管蚜 <i>R. padi</i>	
	$\rho/\mu\text{g mL}^{-1}$	单蚜日分泌量 Secretion per aphid per day (m/ng)	$\rho/\mu\text{g mL}^{-1}$	单蚜日分泌量 Secretion per aphid per day (m/ng)
天冬氨酸 Asp	25.728	0.0257	19.204	0.0192
谷氨酸 Glu	91.491	0.0915	51.719	0.0517
丝氨酸 Ser	4.305	0.0043	3.363	0.0034
甘氨酸 Gly	16.338	0.0163	6.306	0.0063
组氨酸 His	12.880	0.0129	17.335	0.0173
精氨酸 Arg	29.159	0.0292	4.430	0.0044
苏氨酸 Thr	5.481	0.0055	0	0
丙氨酸 Ala	137.671	0.1377	154.308	0.1543
酪氨酸 Try	49.695	0.0497	27.233	0.0272
缬氨酸 Val	51.990	0.0520	24.659	0.0247
蛋氨酸 Met	31.381	0.0314	31.409	0.0314
半胱氨酸 Cys	8.877	0.0089	6.652	0.0067
异亮氨酸 Ile	12.945	0.0130	7.028	0.0070
亮氨酸 Leu	204.664	0.2047	102.529	0.1025
苯丙氨酸 Phe	47.855	0.0479	12.312	0.0123
赖氨酸 Lys	11.679	0.0117	3.453	0.0035

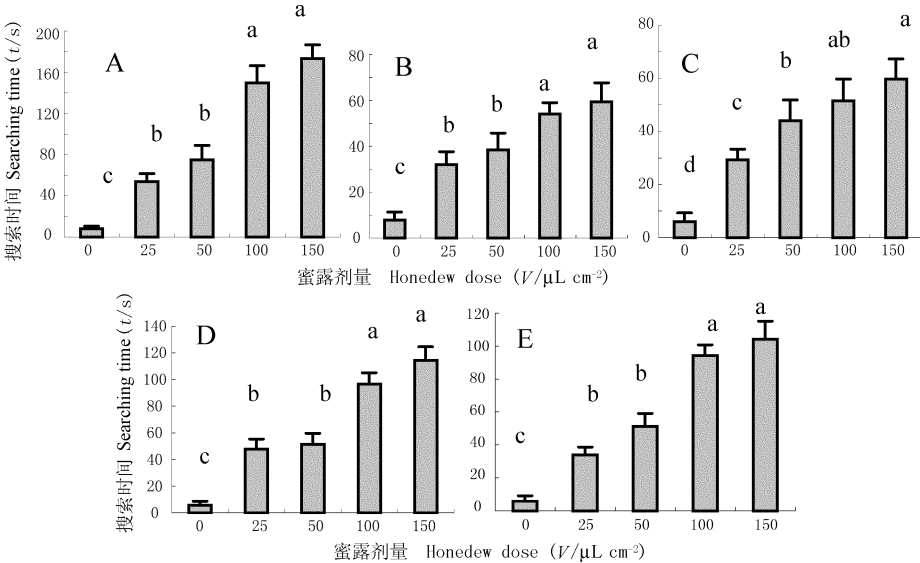


图3 5种天敌在不同剂量蜜露上的搜寻时间
Fig 3 Searching time of 5 natural enemy species on filter papers contaminated with different honeydew levels of *S. avenae*
A. *A. avenae*; B. *C. sinica*; C. *C. septempunctata*; D. *C. spetempunctata*; E. *P. japonica*

反映蚜虫蜜露中的氨基酸. 麦长管蚜与禾谷缢管蚜间蜜露成分的不同究竟是由取食位点不同引起还是由胞内共生菌 *Buchnera* 引起,有待进一步深入研究.

蜜露挥发性极低,天敌昆虫只是在近距离或接触后才改变搜索行为,缩小搜索范围,提高单位空间内的搜索效率. 捕食性天敌对两种蚜虫蜜露的搜索反应时间无显著差异,可能与其广食性有关;而燕麦蚜茧蜂对两种蚜虫蜜露的搜索反应时间差异极显著,可能是食物选择或寄主选择的差异. 因此,苏氨酸、蔗糖及高浓度其它氨基酸可能是该蜂食物的关键组分,或作为其寄主存在的指示信息,有助于其搜寻寄主.

References

- Gardner DM, Dixon AFG. Plant structure and the foraging success of *Aphidius rhopalosiphii* (Hymenoptera: Aphididae). *Ecol Entomol*, 1985, **10**:171 ~ 179
- Ayal Y. The foraging strategy of *Diaeretiella rapae* 1; the concept of the elementary unit of foraging. *J Anim Ecol*, 1987, **56**:1057 ~ 1068
- Cloutier C, Bauduin F. Searching behaviour of the aphid parasitoid *Aphidius nigripes* foraging on potato plants. *Environ Entomol*, 1990, **19** (2):222 ~ 228
- Shaltiel L, Ayal Y. The use of kairomones for foraging decisions by an aphid parasitoid in small host aggregations. *Ecol Entomol*, 1998, **23**:319 ~ 329
- Bouchard Y, Cloutier C. Honeydew as a source of host-searching kairomones for the aphid parasitoid *Aphidius nigripes*. *Can J Zool*, 1984, **62**:1513 ~ 1520
- Budenberg WJ. Honeydew as a contact kairomone for aphid parasitoids. *Entomol Exp Appl*, 1990, **55**:139 ~ 148
- Nakamura K. Mechanism of the switchover from extensive to area-concentrated search behaviour of the ladybird beetle *Coccinella septempunctata* Bruckii. *J Insect Physiol*, 1985, **31**:849 ~ 856
- Ferren A, Ettifouri M, Clement P. Sources of variability in the transition from extensive to intensive search in Coccinellid predators. *J Insect Behav*, 1994, **7**:633 ~ 647
- McEwen PK, Clow S, Jervis M A. Alteration in searching behavior of adult female green lacewings *Chrysoperla carnea* following contact with honeydew of the black scale *Saissetia oleae* and solutions containing acid hydrolysed l-tryptophan. *Entomophaga*, 1993, **38**:347 ~ 353
- Han BY (韩宝瑜), Chen ZM (陈宗懋). Searching behaviour of *Coccinella septempunctata* and four varieties of *Leis axyridis* adults on tea aphid honeydew and analysis of honeydew component. *Acta Ecol* (生态学报), 2000, **20**(3):199 ~ 206
- Sandström J. Amino acid composition of phloem sap and the relation to intraspecific variation in pea aphid *Acyrtosiphon pisum* performance. *J Insect Physiol*, 1994, **40**:947 ~ 955
- Sandström J, Moran N. How nutritionally imbalanced is phloem sap for aphids? *Entomol Exp Appl*, 1999, **91**:203 ~ 210
- Sandström J, Telang A, Moran NA. Nutritional enhancement of host plant by aphids a comparison of three aphid species on grasses. *J Insect Physiol*, 2000, **46**:33 ~ 40

《应用与环境生物学报》网站全面改版

据国人金榜(<http://toopen.com>)统计,自2001年5月我刊上网以来,登录我刊网站的人数已逾万人,他们来自美国、新加坡、马来西亚、新西兰等三十多个国家和地区,国内访问者遍布中国大陆及港、澳、台地区,其中访问高峰期日访问人数超过百人。

为适应信息技术的高速发展,我刊网站于2002年11月进行了全面改版,在原网站的基础上增加了动态检索、管理系统,从而进一步提高网站数据、信息的可读性和便捷性,真正成为作者、读者、专家、编辑部之间沟通的桥梁。

改版后的网站,您只需要轻点鼠标,就能在网上了解我刊,完成投稿;可以在第一时间看到我刊的快讯、公告、新闻,了解应用生物学、环境生物学及相关科学领域的最新动态及编委的最新资料;新增的学术交流论坛不用注册即可在BBS上发表您的观点与看法,直观地给我们提出意见和建议;运用强大的检索功能,可以很容易地查询到您所需要的信息及数据;使用PDF和CAJ格式制作了我刊自创刊以来各卷、各期发表的全部论文,更方便您阅读、下载和打印。

欢迎访问我刊网站 <http://www.cibj.com>,希望在广大读者、作者和专家一如既往的关心支持下,我们的学报会越办越好!

《应用与环境生物学报》编辑部

<http://www.cibj.com>

<http://journal.cib.ac.cn>