



王玲,来永才,毕影东,等.大豆蚜有翅成蚜触角感器超微结构观察[J].黑龙江农业科学,2021(6):47-51,52.

# 大豆蚜有翅成蚜触角感器超微结构观察

王玲<sup>1</sup>,来永才<sup>1</sup>,毕影东<sup>1</sup>,李炜<sup>1</sup>,刘森<sup>1</sup>,樊超<sup>1</sup>,杨帅<sup>2</sup>

(1.黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所,黑龙江 哈尔滨 150086;2.黑龙江省农业科学院 马铃薯研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**为明确大豆蚜(*Aphis glycines* Matsumura)触角及其感器的外部特征,利用扫描电镜技术,对大豆蚜有翅成蚜触角的整体形态及触角感器的类型、形态、数量与分布进行超微结构观察。结果表明:大豆蚜有翅成蚜触角呈丝状,由柄节、梗节和鞭节组成,其中鞭节由4个亚节组成。触角上分布着6种不同类型的嗅觉感器,分别是板型感器(placoid sensillum,ps)、腔锥形感器(coeloconic peg,cp)、毛形感器Ⅰ型(trichoid sensillum typeⅠ,tsⅠ)、毛形感器Ⅱ型(trichoid sensillum typeⅡ,tsⅡ)、钟形感器(campaniform sensillum,cs)及周边具瓣感器(peripheral scolopidia,psc)。并进一步对大豆蚜有翅成蚜触角各类型感器的功能进行了分析与预测。

**关键词:**大豆蚜;触角感器;扫描电镜

大豆蚜(*Aphis glycines* Matsumura)属半翅目(Hemiptera)、蚜科(Aphididae)、蚜属(*Aphis*),是栽培大豆(*Glycine max* Linn.)的主要害虫之一<sup>[1]</sup>。大豆蚜常集中在植株的顶叶、生长点等较嫩的部位,通过刺吸危害大豆,会引起植株节间缩短、叶茎卷曲等症状,可造成植株苗期死亡,严重影响大豆产量及品质<sup>[2]</sup>。同时,大豆蚜也是大豆花叶病毒(SMV)等植物病原病毒扩散、传播的重要媒介,常引起病毒病的田间大流行。此外,大豆蚜分泌的蜜露还会导致植株煤污病的发生<sup>[3]</sup>。

触角是蚜虫最重要的嗅觉器官,用来感知寄主植物挥发的次生代谢物质和昆虫性信息素。触角表面分布大量的触角感器,这些触角感器在蚜虫寄主选择、交配、寻找产卵场所、躲避天敌等行为过程中发挥重要作用<sup>[4]</sup>。蚜虫触角感器的类型、数量、大小和分布存在差异,可能影响蚜虫的复杂的生物学行为。

有翅成蚜是大豆蚜为迁飞逃避不利生存环境产生的重要型态,对种群的生存、繁衍至关重要<sup>[5]</sup>。早期报道的有关大豆蚜扫描电镜的图片资料分辨率不高,并且缺乏对大豆蚜有翅成蚜触角感器显微结构的详细描述<sup>[6]</sup>。为此,本文在参考前人研究的同时,进一步详尽地描述了大豆蚜有翅成蚜触角感器的形态、类型及其分布规律,旨在

深入了解大豆蚜的化学感受系统,为大豆蚜嗅觉感受机制研究奠定理论基础,以期为今后大豆蚜的生物学、行为学以及利用其进行生物防治研究提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试昆虫 大豆蚜初始种群采自国家现代农业科技示范展示基地的大豆田,位于黑龙江省哈尔滨市民主乡(45°45'N,126°41'E),将其带回实验室后饲养多代。养虫室温度控制在白天25℃、夜晚18℃;光周期设定为L:D=14:10;相对湿度(70±5)%,并保持适当通风;将若蚜放在新鲜的大豆(品种为东农46)叶片上饲养,待出现新羽化的大豆蚜虫时,取羽化完整的有翅成蚜检测。检测部位是大豆蚜有翅成蚜触角。

1.1.2 仪器 扫描电子显微镜S-3400N、E-1045型离子溅射仪,日本日立公司;体视显微镜Leica EZ4D、解剖显微镜Leica EZ4HD,均为德国莱卡公司。

1.1.3 试剂 2.5%戊二醛、乙醇均为国产分析纯;0.1 mol·L<sup>-1</sup> pH7.2的磷酸缓冲液。

### 1.2 方法

1.2.1 样品制备与观察 取羽化2 h的大豆蚜有翅成蚜20头,在解剖镜下将带触角的蚜虫头迅速切下,于70%乙醇中浸泡震荡洗涤30 min。经2.5%戊二醛固定2 h,再用0.1 mol·L<sup>-1</sup> (pH 7.2)磷酸缓冲液漂洗,在80%、90%、95%和100%的分级乙醇中梯度脱水5 min。然后,在100%乙醇中短暂脱水约5 s。在体视镜下,将经过临界点干

收稿日期:2021-04-25

基金项目:黑龙江省自然科学基金(面上项目)(C2018060)。

第一作者:王玲(1984—),女,博士,副研究员,从事农业昆虫与害虫防治。E-mail:lingling6958@163.com。

通信作者:来永才(1964—),男,博士,研究员,从事作物遗传育种与耕作栽培研究。E-mail:yame0451@163.com。

燥的样品用导电胶带附着在扫描电镜短片上,喷涂金 3 min。最后,用扫描电子显微镜对触角和感器类型进行观察和拍照。感器的分类和命名参照 Schneider<sup>[7]</sup>的方法,并结合前人研究结果进行鉴别和命名<sup>[8-9]</sup>。

1.2.2 数据统计与图像处理 扫描电镜图片应用 Photoshop CS5 软件进行标注。使用 ImageJ 图片处理工具测量触角感器的长度、基部直径,以及触角鞭亚节感器区的长度和宽度,同一类型感器测量 10 个个体取其平均值。

## 2 结果与分析

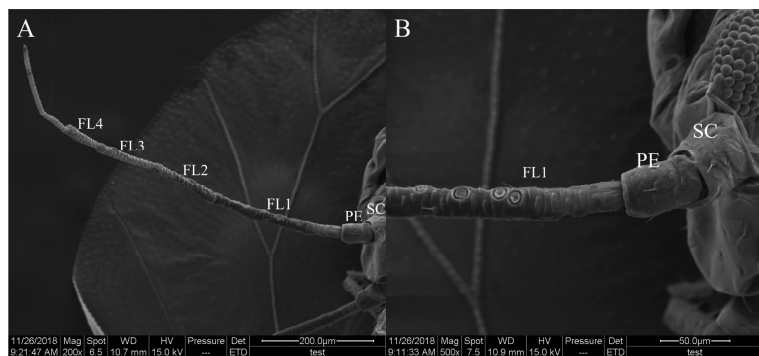
### 2.1 大豆蚜有翅成蚜触角形态特征

大豆蚜有翅成蚜触角呈丝状,共有 6 节,由柄节(Scape, SC)、梗节(Pedicel, PE)和鞭节(Flagelum, FL)3 部分组成,全长平均约为 581.44  $\mu\text{m}$ (图 1A)。触角第 1 节柄节呈圆柱形,比较粗大,基部与触角窝相连,平均长度分别 46.75  $\mu\text{m}$ (图 1B)。触角第

2 节梗节比柄节短小,连接在柄节端部凹陷的窝内,平均长度约为 57.77  $\mu\text{m}$ ,是鞭节与柄节之间的连接纽带(图 1B)。触角第 3~6 节为鞭节,有翅成蚜鞭节较长,由 4 个亚节组成,分别为 FL1、FL2、FL3、FL4,鞭节平均长度约为 407.03  $\mu\text{m}$ (图 1A)。

### 2.2 大豆蚜有翅成蚜触角感器的类型、形态特征和分布

通过扫描电镜观察发现,大豆蚜有翅成蚜触角上共分布有 6 种类型的感器。包括板型感器(placoid sensillum, ps)、腔锥形感器(coeloconic peg, cp)、毛形感器 I 型(trichoid sensillum type I, ts I)、毛形感器 II 型(trichoid sensillum type II, ts II)、钟形感器(campaniform sensillum, cs)、周边具瓣感器(peripheral scolopidia, psc)。此外触角上还存在原生感觉圈(primary rhinaria, pr)和次生感觉圈(secondary rhinaria, sr)。各类型感器的形态特征、数量和分布详见图 2。



A:触角全长; B:A图的放大图

图 1 大豆蚜有翅成蚜触角一般形态

2.2.1 原生感觉圈(primary rhinaria, pr) 大豆蚜有翅成蚜触角的第 5 节与第 6 节,即鞭节的第 3 节和第 4 节上分别有两个原生感觉圈(图 2A),原生感觉圈周围被由表皮形成的指状突起即周围指状突(fringed cuticular ridge, fcr)环绕。触角第 5 节的原生感觉圈,由单个大的板形感器组成,周围有指状突(图 2B),直径 10.77  $\mu\text{m}$ 。触角第 6 节的原生感觉圈由 1 个大板形感器(large placoid sensillum, lps),2 个小板形感器(small placoid sensillum, sps)和 4 个腔锥形感器组成,腔锥形感器表皮凹陷呈圆形孔洞,内部有 1 个指状凸起,周围具有指状突(图 2C, D),大板形感器的直径为 11.07  $\mu\text{m}$ ,小板形感器与腔锥形感器的平均直径分别为 6.77 和 4.99  $\mu\text{m}$ 。

2.2.2 次生感觉圈(secondary rhinaria, sr) 在

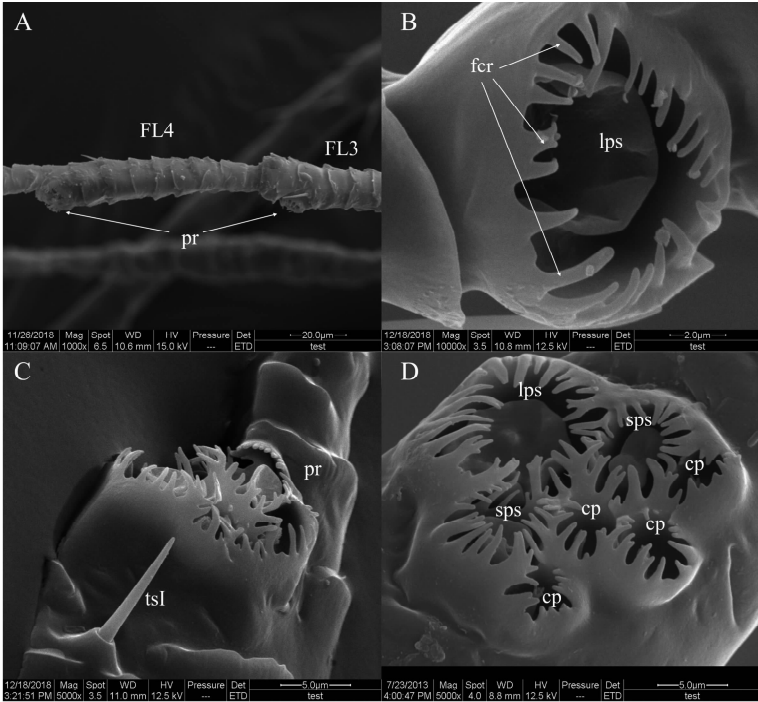
大豆蚜有翅成蚜触角第 3 节即鞭节 1 节上着生有次生感觉圈,次生感觉圈由 7 个板型感器组成,外周有指状突起环绕(图 3A)。相较原生感觉圈,次生感觉圈的外周指状突则较为短小和稀少,仅分布在触角第 3 节,即鞭节第 1 节上(图 3B, C, D)。次生感觉圈板型感器的平均直径为 9.04  $\mu\text{m}$ 。

#### 2.2.3 毛形感器(trichoid sensillum type, ts)

毛形感器存在于大豆蚜有翅成蚜触角各节,其明显分为两种类型。I 型毛形感器触角各节均有分布,呈毛状,直立或斜立于触角表皮,从基部到端部总体渐狭,有些会端部膨大钝圆,其长短变化较大,基部平均直径 4.08  $\mu\text{m}$ ,平均长度约为 10.40  $\mu\text{m}$ (图 4A, B, E)。II 型毛形感器是短而粗的钝毛,顶端有小孔,形成凹陷,在触角各节也均有分布,柄节和梗节上均分布有 II 型毛形感器,但

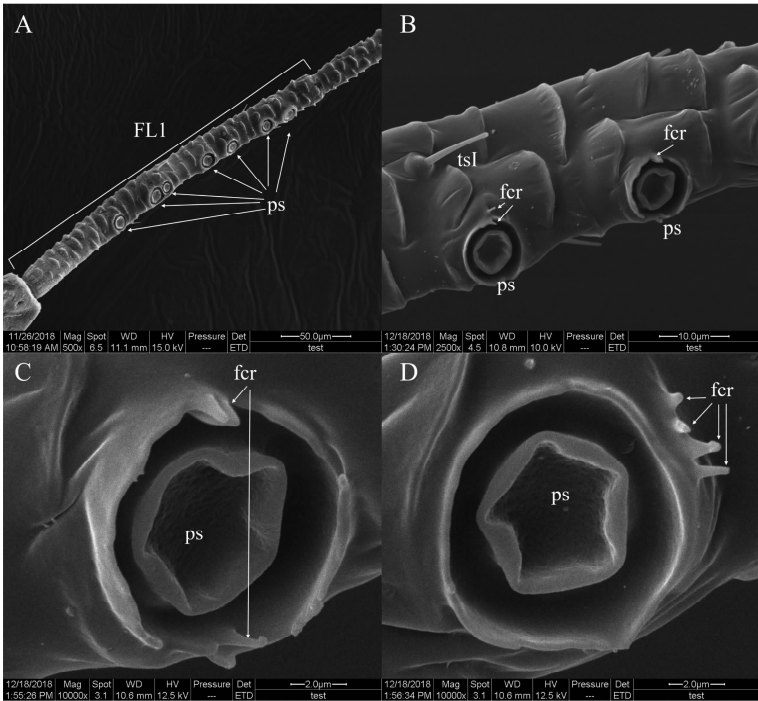
鞭节分布较多,这与已报道的其它种类蚜虫的Ⅱ型毛形感器只分布于触角顶端不同。Ⅱ型毛形感器基部平均直径 3.43  $\mu\text{m}$ ,平均长度约为

6.44  $\mu\text{m}$ (图4A,C,D)。大豆蚜触角鞭节端部着生的4个毛形感器均为Ⅱ型(图4F)。



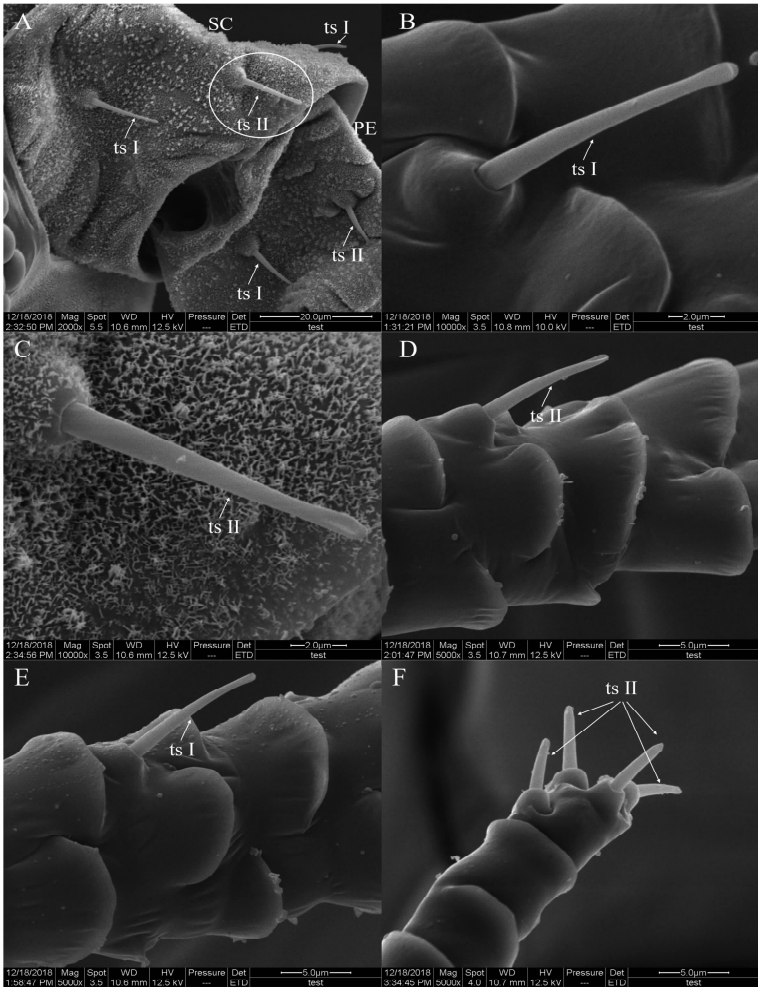
A:位于触角第5节与第6节的原生感觉圈; B:位于触角第5节的原生感觉圈; C和D:位于触角第6节的原生感觉圈

图 2 大豆蚜有翅成蚜触角原生感觉圈的超微结构



A:次生感觉圈; B、C、D: 板型感器

图 3 大豆蚜有翅成蚜触角次生感觉圈的超微结构

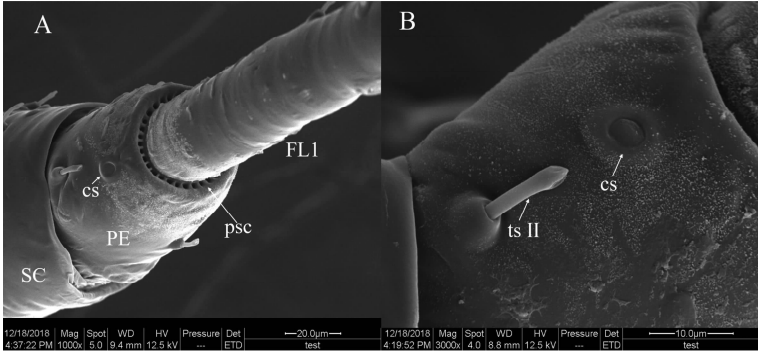


A:位于柄节和梗节的毛形感器；B、E：I型毛形感器；C：A白色框部分放大图；D：II型毛形感器；F：触角顶端II型毛形感器

图 4 大豆蚜有翅成蚜触角毛形感器的超微结构

2.2.4 其他感器 除以上 4 种感器之外,大豆蚜有翅成蚜触角表面还存在 1 个钟形感器和 1 个周边具概感器。钟形感器存在于触角的梗节上,其表皮呈半球状凸起,中间的部分形似纽扣,着生于

体壁凹陷的圆形小穴内,周围边缘清晰光滑,直径  $5.76\ \mu\text{m}$ (图 5A)。周边具概感器位于梗节与第 1 鞭节节间处,触角第 2 节与第 3 节之间(图 5B),直径  $42.55\ \mu\text{m}$ (图 5B)。



A:钟形感器与周边具概感器；B:钟形感器

图 5 大豆蚜有翅成蚜触角钟形感器与周边具概感器的超微结构

### 3 结论与讨论

大豆蚜有翅成蚜触角的原生感觉圈有两种类型,分别位于触角第 5 与第 6 节上,外周具有指状突。大多数蚜虫都具有原生感觉圈。大豆蚜有翅成蚜触角的原生感觉圈的结构与茶蚜 *Toxoptera aurantia*<sup>[10]</sup>、桃蚜 *Myzus persicae*<sup>[11]</sup>、茄无网长管蚜 *Acyrtosiphon solani*<sup>[12]</sup>、麦长管蚜 *Sitobion avenae*<sup>[13]</sup> 相近,变化不大,均着生于触角的第 5 与第 6 节上。但与柄瘿绵蚜 *Pemphigus bursarius* 的原生感觉圈结构则显著不同,后者的 2 个小型板形感器消失,取而代之的是 1 个更大的大型板形感器<sup>[14]</sup>。大豆蚜有翅成蚜触角上组成原生感觉圈的各型感器均有指状突环绕,指状突几乎完全将板型感器包围,这与莴苣衲长管蚜 *Nasonovia ribisnigri* 相似。蚜虫种类不同,指状突的长短、大小也不同,但功能相似,均具有保护功能,防止灰尘颗粒进入<sup>[8-9]</sup>。研究发现大豆蚜感受萜烯类化合物的嗅觉受体位于第 5 节与第 6 节的原生感器上,并且是感受昆虫报警信息素[(E)- $\beta$ -farnesene,EBF]最主要部位<sup>[6,15]</sup>。

大豆蚜有翅成蚜的次生感觉圈由 7 个板型感器组成,仅存在于触角第 3 节,并且板状感器周围具有指状突,与其他有翅成蚜的结构有很大差异。大豆蚜与大戟管蚜(*Macrosiphum euphorbiae*)和茄无网长管蚜(*A. solani*)有翅成蚜触角的次生感觉圈形态相似,存在于触角第 3 节,且有指状突<sup>[12,16]</sup>。茶蚜(*T. aurantia*)、桃蚜(*M. persicae*)和麦长管蚜(*S. avenae*)有翅成蚜的次生感觉圈虽然也仅着生于触角第三节,但它们分别是由 3 个、11 个和 50~55 个板型感器组成,并且都无指状突<sup>[10-11,13]</sup>。研究表明,次生感觉圈与原生感觉圈功能相似,与识别寄主植物挥发物和报警信息素 EBF 密切相关,在蚜虫迁飞、寄主定位和躲避天敌的过程中发挥重要嗅觉作用<sup>[17-18]</sup>。

大豆蚜有翅成蚜触角毛形感器具有两个亚型,分别为 I 型毛形感器和 II 型毛形感器。II 型毛形感器是蚜虫重要的化学感器,可能具有化学感觉、机械感受和味觉功能,参与对寄主植物的取食与定殖<sup>[19]</sup>。I 型毛形感器是一种具有触觉功能的机械感受器,负责与其它蚜虫接触,有利于防御天敌<sup>[14]</sup>。此外大豆蚜体表还有另外一种机械感受器“钟形感器”,位于触角的梗节上,对二氧化碳、气味挥发物和温湿度敏感,其功能是感受表皮压力,但没有其他机械感器特异。

本研究通过扫描电镜观察明确了大豆蚜有翅成蚜触角上嗅觉感器的类型、数目、形态和着生位

置,并对各类型触角感器的功能进行了分析和推测。这些发现为大豆蚜的防控研究、行为学研究、电生理研究和生物信息学研究奠定了必要的理论基础。

### 参考文献:

- [1] LIU J, WU K M, KEITH R H, et al. Population dynamics of *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies in soybean in Northern China[J]. Annals of the Entomological Society of America, 2004, 97(2): 235-239.
- [2] WANG L, BI Y D, LIU M, et al. Identification and expression profiles analysis of odorant-binding proteins in soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) [J]. Insect Science, 2019, 27(5): 1019-1030.
- [3] 郭景泉, 张明厚. 大豆花叶病毒(SMV)主要介体及其传毒效率研究[J]. 大豆科学, 1989, 8(1): 55-62.
- [4] 周琼, 梁广文. 植物挥发性物质在蚜虫寄主定位中的作用[J]. 昆虫知识, 2001, 38(5): 334-336.
- [5] 杨帅, 刘健, 戴长春, 等. 不同地理种群大豆蚜生长发育的形态指标[J]. 昆虫知识, 2010, 47(1): 67-71.
- [6] 杜永均, 严福顺, 唐觉. 大豆蚜触角嗅觉感器结构及其功能[J]. 昆虫学报, 1995, 38(1): 1-7.
- [7] SCHNEIDER D. Insect antennae [J]. Annual Review of Entomology, 1964, 9: 103-122.
- [8] 赵立静, 班丽萍. 蚜虫触角感受器结构及功能研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(4): 1077-1086.
- [9] 钟剑, 郭彦宏, 许婷, 等. 菊小长管蚜虫龄鉴别特征及其触角感器超微结构观察[J]. 昆虫学报, 2019, 62(11): 1315-1324.
- [10] 克民会, 朱鑫隆, 方涛, 等. 茶蚜有翅成蚜触角感器超微结构观察[J]. 农技服务, 2019, 36(6): 45-47.
- [11] 张峰, 张钟宁. 各型桃蚜触角感器的比较研究[J]. 昆虫学报, 2000, 143(S): 131-137.
- [12] 赵雪. 茄无网蚜气味结合蛋白 OBP7 的克隆、表达谱及其触角和腹管超微结构观察[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2014.
- [13] 薛文鑫. 基于麦长管蚜蚜虫触角转录组 OBPs 和 CSPs 基因鉴定及表达谱研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- [14] BROMLEY A K, DUNN J A, ANDERSON M. Ultrastructure of the antennal sensilla of aphids. I. Coeloconic and placoid sensilla[J]. Cell Tissue Research, 1979, 203(3): 427-44.
- [15] 张钟宁, 涂美华, 杜永均. 桃蚜对[反] $\beta$ -法尼烯的行为及电生理反应[J]. 昆虫学报, 1997, 40(1): 40-44.
- [16] DUNN J A. Antennal sensilla of vegetable aphids[J]. Entomologia Experimentalis Et Applicata, 1978, 24(3): 348-349.
- [17] PICKETT J A, WADHAMS L J, WOODCOCK C M, et al. The chemical ecology of aphids[J]. Annual Review of Entomology, 1992, 37: 67-90.
- [18] ZHANG R, WANG B, GROSSI G, et al. Molecular basis of alarm pheromone detection in aphids[J]. Current Biology, 2017, 27(1): 55-61.
- [19] POWELL G, HARDIE J, PICKETT J A. Behavioral evidence for detection of the repellent polygodial by aphid antennal tip sensilla[J]. Physiological Entomology, 1995, 20(2): 141-146.



李青超,王立达,赵秀梅,等.烟盲蝽对温室蔬菜白粉虱的防治效果研究[J].黑龙江农业科学,2021(6):52-55.

# 烟盲蝽对温室蔬菜白粉虱的防治效果研究

李青超,王立达,赵秀梅,刘悦,兰英,刘洋,韩业辉

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:**为了减少设施蔬菜化学药剂的使用,本研究设置2个烟盲蝽处理(处理A:番茄1穗果期释放烟盲蝽,处理B:番茄4穗果期释放烟盲蝽)和同期不释放烟盲蝽对照,通过调查烟盲蝽和温室白粉虱数量和变化趋势,计算烟盲蝽对温室白粉虱的相对防效,进一步探索温室白粉虱的生物防治技术。结果表明:1穗果期和4穗果期烟盲蝽数量最高值为21.67和31.33头 $\cdot 100$ 叶 $^{-1}$ ,对照区1穗果期和4穗果期温室白粉虱数量最高值为2333.0和2725.0头 $\cdot 100$ 叶 $^{-1}$ ,处理区温室白粉虱数量最低值为227.3和404.0头 $\cdot 100$ 叶 $^{-1}$ ,相对防效最高可达到90.3%和84.1%。且1穗果期释放烟盲蝽相对防效略高于4穗果期。因此,应用烟盲蝽防治温室白粉虱是可行的。

**关键词:**烟盲蝽;温室白粉虱;生物防治;相对防效

我国是世界上最大的蔬菜生产国和消费国之一,蔬菜的种植面积、产量和经济价值仅次于粮食作物,是中国农业经济的重要支柱<sup>[1]</sup>。2018—2020年设施蔬菜种植面积年平均增长率为1.25%,据预测2021年将达到413万 $\text{hm}^2$ 。随着设施蔬菜面积的不断增长,害虫的发生和流行也有加剧趋势。

温室白粉虱是设施蔬菜上经常发生的主要害虫之一,发生面积连年扩大,危害程度逐渐加重。一般发生年份蔬菜减产20%左右,严重发生时减产50%以上,同时会引起煤污病的扩散,降低蔬菜的商品性,严重时绝收或失去商品价值<sup>[2]</sup>。目前针对温室白粉虱的防治主要依靠化学药剂,为了提高防治效果,在蔬菜种植过程中经常人为的加大用量,导致蔬菜上的农药残留量超标,害虫的抗药性逐渐增强,农药富集在植物体内进入到人体威胁健康<sup>[3]</sup>,同时大量农药进入农业生态系统,破坏生态平衡,因此,寻找代替化学药剂的有效防治措施十分必要。农业农村部2011年推出《农业部办公厅关于推进农作物病虫害绿色防控的意见》,

收稿日期:2021-02-24

**基金项目:**齐齐哈尔市科技局创新激励项目(CNYGG-2020021);黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项-优质抗病瓜菜新品种培育与高效安全栽培技术研究和集成创新(HNK2019CX10-18)。

**第一作者:**李青超(1986—),男,硕士,助理研究员,从事植物保护研究。E-mail:lqc19860130@163.com。

## Ultrastructure Observation on Antennal Sensilla of Adult Winged Soybean Aphid

WANG Ling<sup>1</sup>, LAI Yong-cai<sup>1</sup>, BI Ying-dong<sup>1</sup>, LI Wei<sup>1</sup>, LIU Miao<sup>1</sup>, FAN Chao<sup>1</sup>, YANG Shuai<sup>2</sup>

(1. Institute of Crop Cultivation and Tillage, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Potato Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to understand the external characteristics of the antennae and sensilla of *Aphis glycines* Matsumura, scanning electron microscope was used to observe antennal morphological characteristics of winged soybean aphid, which include the type, morphology, quantity and distribution of antennal sensilla, etc. The result showed that the antennae of winged aphid were filamentous, and were composed of scape, pedicel and flagellum. The flagellum was composed of four subsegments. A total of six kinds of sensilla were discovered, including placoid sensillum, coeloconic peg, trichoid sensillum type I, trichoid sensillum type II, campaniform sensillum, and peripheral scolopidia, respectively. Furthermore, the functions of various types of the antennal sensilla were analyzed and predicted for the winged soybean aphid.

**Keywords:** *Aphis glycines* Matsumura; antennal sensilla; scanning electron microscopy